



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

---

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
UN CONCRETO  $f'c$  210KG/CM<sup>2</sup>, ELABORADO CON AGREGADO  
HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO, EN EL DISTRITO DE  
MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO”**

---

**PRESENTADO POR:**

ROMÁN CONDORHUANCA, Treisi Yamilet

PILLPINTO BUTRÓN, Dante Normán

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR:**

Ing. MERINO YÉPEZ, Robert Milton

CUSCO - PERÚ

**2016**



## Dedicatoria

A mis queridos padres:

Juana Butrón, Nicanor Pillpinto por darme el ejemplo y la fortaleza para seguir adelante y ser la fuente de confianza e inspiración.

A mis queridos hermanos

Liz Vanessa, Kisthian Edison y mi sobrino Ilam Fred, porque son mi apoyo incondicional. A mi inspiración y ejemplo en mi memoria de mi abuelo Jerónimo, que descanse en paz a lado de la gloria del señor.

Dedico este trabajo a Dios por darme la vida, fortaleza y sobre todo por guiarme e iluminarme por el buen camino.

A mi tíos Hugo Meza ,Grimalda Butrón , Mario Pillpinto , Yanet Valencia y a mis primos Víctor Hugo , Juan Domingo ,Verónica Liliana ,Yobana , Frank y Nusbian quienes han crecido a mi lado y son parte muy importante de mi vida , gracias por estar allí cuando más los necesitaba , los quiero.

A mis amigos, Dante Revelino, Leonar Figueroa, David Luza, Ferdinand Muñoz, Jhon Ramos, y Carlos Soto quienes han crecido junto a mí en tierra natal, y a su vez han sido de apoyo muy importante en la tesis desarrollada.

Atte. : Dante Normán Pillpinto Butrón



## Dedicatoria

### **A Dios**

Por haberme permitido llegar hasta este punto, haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinito amor y bondad.

### **A mi mamita Frida**

A la hermosa mujer que me dio la vida, por el soporte que has sido siempre para mí, por tu comprensión y aguante, por todo el amor que siempre me brindas. Gracias. Esto es por ti y para ti. Te amo mucho mamita

### **A mi papito Faus**

Por enseñarme a salir adelante, a luchar y no desvanecer, por la inspiración que fuiste para mí, por guiarme, y creer en mi te amo mucho .Gracias. Esto es por ti y para ti. Te amo mucho papito.

### **A mi hermana Arianna**

Tu ternura y comprensión en esta etapa fueron de mucha ayuda para mí, eres uno de mis motores para seguir adelante. Gracias por ser esa chispita que siempre le das a mi vida, te amo con todo mi corazón.

### **A mis ángeles**

A toda la fuente de mi alegría, a mis hijos espirituales ahora en el cielo Verónica, Dick, Miguel Ángel ; a mis ángeles de la tierra , Cristel , Isaias , Ruth , y todos mis niños del hogar madre Teresa , quienes son mi inspiración en todo momento para salir adelante , a todos ellos , por el amor puro que regalaron , a su corta edad , me han enseñado y me siguen enseñando muchas cosas de la vida. Les agradezco por ayúdame a encontrar el lado dulce de la vida, son mi motivación más grande para seguir realizando mis metas.

### **A mis familiares**

A mis tíos, primos, amigos que con palabras motivadoras me hicieron creer que todo es posible lograrse en la vida.

Atte. : Treisi Yamilet Román Condorhuanca



## Agradecimientos

A la Universidad Andina del Cusco, a los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, por sus valiosos aportes y comentarios de este trabajo de investigación.

A nuestro asesor de tesis Ing. Milton Merino Yépez Por su apoyo en el desarrollo de la tesis, al Ing. Edson salas Fortón por apoyarnos desinteresadamente con sus conocimientos impartidos durante el proceso de la tesis, al Ing. Iván Liendo Vargas por su apoyo técnico en la realización de los ensayos de laboratorio, a la ingeniera Mitsy Elena Gudiel Cárdenas por sus sabías enseñanzas impartidas durante el desarrollo de la tesis.

A todas las personas y amigos que hicieron posible la ejecución del trabajo de investigación, que de una u otra forma colaboraron de manera desinteresada en la realización de este trabajo de investigación, por habernos abierto las puertas de sus conocimientos.



## Resumen

En la provincia de La Convención, distrito de Maranura, se observa que la fabricación del concreto estructural  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, se realiza con agregado hormigón (canto rodado) y de forma empírica; los dedicados al ámbito de la construcción mencionan que alcanzan resistencias a un  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, donde no se tiene control de calidad que certifique estos resultados.

Para la comprobación de las resistencias que se alcanza con agregado hormigón se replicó la elaboración del concreto que realizan en la zona, donde se obtuvo valores menores a  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> con promedios de  $f'c$  157.83 kg/cm<sup>2</sup>.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo elaborar un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> con agregado clasificado es decir agregado fino y agregado grueso, a partir de la evaluación de sus propiedades, la comparación con las normas, elección de los álveos que serán evaluados.

Para la elección de los álveos que fueron evaluados para la extracción de los agregados, se realizó una ficha de evaluación in situ de acuerdo a su accesibilidad, años de extracción, comercialización y el tratamiento que se realiza a los agregados; los álveos seleccionados como resultado fueron el álveo Santa María y Paqcha Uchumayo.

Se analizó las propiedades físicas, mecánicas (ensayo de desgaste por abrasión, ensayo por durabilidad con sulfato de magnesio) de los agregados según la norma ASTM C-33, que brinda los requisitos generales, donde los dos álveos cumplen con los parámetros establecidos según la norma.

Al realizar la elaboración del concreto con agregado clasificado es decir agregado grueso y agregado fino según el método del ACI 211.1 se obtuvo resistencias mayores a  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> con promedios de  $f'c$  305.95kg/cm<sup>2</sup>.

La dosificación obtenida para un m<sup>3</sup> con agregado clasificado es de 8.638 bolsas de cemento, 0.416 de agregado fino, 0.624 m<sup>3</sup> de agregado grueso y 0.210 m<sup>3</sup> de agua con un costo de 371.50 soles, a comparación de un concreto elaborado con agregado hormigón que es de 6.5 bolsas de cemento, 0.643m<sup>3</sup> de agregado hormigón y 0.174 m<sup>3</sup> de agua con costo de 286.51.



## Abstract

In the province of Convención, Maranura district, it is observed that the production of structural concrete  $f_c 210 \text{ kg / cm}^2$ , is done with aggregate concrete (rolled) and in an empirical way; those dedicated to the field of construction mention that they reach resistances to a  $f_c 210 \text{ kg / cm}^2$ , where there is no quality control that certifies these results.

For the test of the resistance that is reached with aggregate concrete the elaboration of the concrete that carried out in the zone was replicated, where values smaller than  $f_c 210 \text{ kg / cm}^2$  with averages of  $f_c 157.83 \text{ kg / cm}^2$  were obtained.

Therefore, the present research work has as objective to elaborate a concrete  $f_c 210 \text{ kg / cm}^2$  with aggregate classified that is to say fine aggregate and coarse aggregate, from the evaluation of its properties, the comparison with the norms, election of The laves that will be evaluated.

For the selection of the laves that were evaluated for the extraction of the aggregates, an evaluation card was made in situ according to its accessibility, years of extraction, commercialization and the treatment that is done to the aggregates; The selected laves were Santa Maria and Paqcha Uchumayo.

The physical, mechanical (abrasion wear test, magnesium sulphate durability test) of the aggregates according to ASTM C-33, which provides the general requirements, where the two laves meet the parameters established by rule.

When making the concrete with aggregate classified as thick aggregate and fine aggregate according to the method of ACI 211.1, it was obtained resistance greater than  $f_c 210 \text{ kg / cm}^2$  with averages of  $f_c 305.95 \text{ kg / cm}^2$ .

The dosage obtained for an  $\text{m}^3$  with classified aggregate is 8,638 bags of cement, 0.416 of fine aggregate,  $0.624 \text{ m}^3$  of coarse aggregate and  $0.210 \text{ m}^3$  of water with a cost of 371.50 soles, compared to a concrete made with aggregate concrete that is of 6.5 bags of cement,  $0.643 \text{ m}^3$  of aggregate concrete and  $0.174 \text{ m}^3$  of water with cost of 286.51.



## Introducción

En la provincia de La Convención, distrito de Maranura existen diferentes álveos de río donde el agregado es empleado para la fabricación de concreto y utilizado para la construcción de diferentes obras de envergadura.

El estudio sobre los agregados, como material de construcción es fundamentalmente importante ya que le corresponden aproximadamente las tres partes del volumen del concreto, donde los agregados se mantienen activos luego de ser combinados con el cemento, agua y aditivos. Por esta razón es importante tener un control de las propiedades de los agregados que serán utilizados en la fabricación del concreto, realizando los ensayos correspondientes en base a las normas aplicables.

La utilización de este agregado proveniente de los diferentes álveos de río son seleccionados y utilizados empíricamente, tan solo por la información del poblador indicando que es un buen material, pero no existe una información técnica que nos indique que el agregado a utilizar se encuentra entre los parámetros según las normas para la fabricación de concreto.

Se realizó una entrevista a los maestros de obra de la zona en estudio, para conocer la dosificación que ellos utilizan para la fabricación de un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, donde se observó que la fabricación del concreto lo realizan con agregado hormigón sin ningún control en obra.

La presente investigación utilizó el agregado como fino y grueso, el cual fue denominado agregado clasificado, seguidamente se realizó un análisis de las propiedades físicas y mecánicas del agregado para luego compararlas con la norma ASTM C-33, al tener los resultados y observar que el agregado cumple con los parámetros se procedió a la fabricación del concreto con el agregado clasificado.

Como objetivo se dio a conocer un diseño de mezclas con el agregado clasificado y se analizó las propiedades físicas, mecánicas de los dos álveos proveniente del río Vilcanota,



donde se realizó un documento el cual ofrece información sobre las propiedades que presenta cada agregado de los dos álveos de río y la dosificación que se debe utilizar para la fabricación de concreto  $f'c 210\text{kg/cm}^2$ .

Para analizar las propiedades físicas del agregado se utilizó la Norma ASTM C-33, que brinda los requisitos generales que debe llenar un agregado, esta norma se aplica al agregado grueso y fino.

Las propiedades mecánicas se determinaron con la Norma ASTM C -33, denominada ensayo de desgaste por abrasión, la cual se aplica solo al agregado grueso.

La poca información con que se cuenta en la zona de estudio acerca de los álveos de río, esto obliga a una investigación más exhaustiva, la cual se fundamentará en su mayoría, en resultados obtenidos por las pruebas efectuadas al comportamiento de dichos agregados en los concretos.

Cabe mencionar que una de nuestras limitantes radica en el número de los álveos de río el cual estuvo limitada a dos álveos Santa María y Paqcha Uchumayo, que son los más representativos en la producción de dicho agregado y en el suministro de material para el mercado, el análisis de los agregados y la fabricación de concreto solo se realizó para un diseño de mezclas  $F'c 210\text{ kg/cm}^2$ .



**Índice**

Dedicatoria..... I

Agradecimientos ..... II

Resumen ..... III

Abstract..... IV

Introducción ..... V

Capítulo 1: Panteamiento del problema ..... 1

    1.1 Identificación del problema ..... 1

        1.1.1 Descripción del problema ..... 1

        1.1.2 Formulación interrogativa del problema..... 1

    1.2 justificaciones e importancia de la investigación..... 2

        1.2.1 Justificación técnica..... 2

        1.2.2Justificación social..... 2

        1.2.3 Justificación por viabilidad ..... 2

        1.2.4Justificación por relevancia..... 2

    1.3 Limitaciones de la investigación..... 2

        1.3.1 Limitaciones geográficas ..... 2

        1.3.2 Limitaciones de estudio ..... 3

        1.3.3 Limitaciones de equipos ..... 4

    1.4 Objetivo de la investigación..... 4

        1.4.1 Objetivo general ..... 4

        1.4.2 Objetivos específicos ..... 4

    1.5 Hipótesis ..... 5

        1.5.1 Hipótesis general ..... 5

        1.5.2 Sub hipótesis ..... 5

    1.6 Definición de variables ..... 6

        1.6.1 Variables independientes ..... 6

        1.6.2 Indicadores de variables independientes..... 6

        1.6.3 Variables dependientes ..... 7

        1.6.4 Indicadores de variables dependientes..... 7

        1.6.5 Cuadro de operacionalización de variables..... 7



Capítulo II: Marco teórico .....9

2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual.....9

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional .....9

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional .....10

2.2 Aspectos teóricos pertinentes.....13

2.2.1 Los álveos .....13

2.2.2 El concreto .....13

2.2.3 Cemento portland .....30

2.2.4 Agregado.....33

2.2.5 Agua.....65

2.2.6 Diseño de mezclas .....67

Capítulo III: Metodología .....77

3.1 Metodología de la investigación .....77

3.1.1 Tipo de investigación.....77

3.1.2 Nivel de la investigación.....78

3.1.3 Método de investigación.....78

3.2 Diseño de la investigación .....78

3.2.1 Diseño metodológico .....78

3.2.2 Tipo de diseño .....78

3.2.3 Diseño de ingeniería .....79

3.3 Población y muestra .....80

3.3.1 Población.....80

3.3.2 Muestra .....80

3.3.3 Criterios de inclusion.....81

3.5 Procedimiento de recolección de datos .....106

3.5.1. Muestreo de agregados (astm d75 - ntp 400.010) .....106

3.5.2. Determinación del contenido de humedad natural del agregado grueso y fino (astm 566, ntp 339.185).....109

3.5.3 Cantidad de material fino que pasa la malla n° 200 (astm c-136 –ntp 400.012).....114

3.5.4 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso, fino y global (astm c-136 –ntp 400.012).....120



3.5.5 Contenido de arcillas en terrones y partículas desmenuzables o friables (astm c-142-ntp 400.015) ..... 134

3.5.6 Desgaste por abrasión en la máquina de los ángeles para agregado grueso (astm c 131-ntp 400.019)..... 139

3.5.7 Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agua del agregado fino (astm 128- ntp 400.022)..... 144

3.5.8 Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso (astm 128 - ntp 400.021) ..... 149

3.5.9 Método de ensayo para determinar el peso unitario del suelto del agregado (astm c-29 – ntp 400. 017)..... 154

3.5.10 Determinaciones de equivalente de arena (astm d 2419)..... 166

3.5.11 Determinaciones de durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio (astm c– 88) ..... 169

3.5.12 Práctica estándar para elaborar y curar especímenes de ensayo de concreto (astm c -31 ntp 339.033)..... 177

3.5.13 Métodos de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas (ntp 339.034-astm c-39)..... 182

3.6 Procedimiento de análisis de datos..... 195

3.6.1 Determinación del contenido de humedad natural del agregado grueso y fino (astm 566 -ntp 339.185). ..... 195

3.6.2 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso, fino y global (astm c 136 –ntp 400.012) ..... 200

3.6.3 Contenido de arcillas en terrones y partículas desmenuzables o friables (astm c 142 – ntp 400.015) ..... 209

3.6.4 Desgaste por abrasión en la máquina de los ángeles para agregado grueso (astm c 131-ntp 400.019)..... 212

3.6.5 determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agua del agregado fino (astm 128- ntp 400.022). ..... 214

3.6.6 Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso (astm 128 - ntp 400.021) ..... 219

3.6.7 Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. .... 223

3.6.8 Determinación de equivalente de arena (astm d 2419)..... 229

3.6.9 Índice de durabilidad al sulfato de magnesio del agregado ..... 231

3.6.10 Diseño de mezclas de concreto por el método aci 211.1 ..... 234



3.6.11 Dosificación de concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup> elaborado con agregado hormigón ..... 247

3.6.12 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas (astm c-39-ntp 339.034) ..... 250

Capítulo IV: Resultados..... 264

Resultados del álveo “a” Santa María..... 264

Dosificaciones para obra con agregado clasificado del álveo “a” Santa María.... 265

Dosificación en volumen en baldes de aceite para obra..... 265

Cuadro comparativo de dosificaciones álveo “a” Santa María..... 265

Gráfico de la resistencia  $f'c$  mínimo,  $f'c$  máximo y  $f'c$  promedio del concreto con agregado clasificado álveo “a” Santa María ..... 266

Grafico comparativo de las resistencias alcanzadas del agregado hormigón versus el agregado clasificado a los 28 días del álveo Santa María ..... 267

Análisis estadístico de pruebas cilíndricas ..... 268

Análisis de costo unitario con agregado clasificado y agregado hormigón del álveo “a” Santa María..... 269

resultados del álveo “b” Paqcha Uchumayo ..... 271

dosificaciones para obra con agregado clasificado del álveo “b” Paqcha Uchumayo ..... 271

Dosificación en volumen en baldes de aceite para obra..... 272

Cuadro comparativo de dosificaciones álveo Paqcha Uchumayo ..... 272

Análisis de costo unitario con agregado clasificado y agregado hormigón del álveo “b” paqcha uchumayo ..... 273

Gráfico de la resistencia  $f'c$  mínimo,  $f'c$  máximo y  $f'c$  promedio del concreto con agregado clasificado álveo “b” Paqcha Uchumayo ..... 275

Comparativo de resistencias del concreto con agregado hormigón versus agregado Clasificado a los 28 días del álveo Paqcha Uchumayo ..... 276

Análisis estadístico de pruebas cilíndricas del álveo Paqcha Uchumayo ..... 277

Capítulo V: Discusión ..... 279

Glosario ..... 282

Conclusiones ..... 286

Recomendaciones..... 289



Referencias.....	290
Anexos.....	293
Panel fotográfico.....	293
Ficha de recolección de datos.....	302
Entrevista de recolección de datos.....	305
Díptico para la dosificación, elaboración y colocación de un concreto f'c210 kg/cm <sup>2</sup> con agregado clasificado (ag fino, ag grueso) de los álveos Santa María y paqcha Uchumayo .....	309
Matriz de consistencia.....	313



## Índice de tablas

tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables .....	8
tabla 2. Componentes del cemento.....	31
tabla 3. Análisis granulométrico .....	42
tabla 4. Partículas inconvenientes del agregado fino .....	43
tabla 5. Límites de partículas perjudiciales del agregado grueso.....	47
tabla 6. Elasticidad de agregados empleados en el concreto .....	55
tabla 7. Resistencia a la trituración de las principales rocas empleadas en construcción civil.....	58
tabla 8. Medida de muestras .....	63
tabla 9. Factor de corrección caso 2 .....	71
tabla 10. Resistencia a la compresión promedio .....	71
tabla 11. Selección de asentamiento.....	72
tabla 12. Volumen unitario de agua .....	73
tabla 13. Contenido de aire atrapado.....	74
tabla 14. Relación agua/ cemento por resistencia .....	75
tabla 15. Contenido de agregado grueso.....	76
tabla 16. Cantidad de muestras de concreto para ensayo de compresión (briquetas) álveo "a" Santa María .....	80
tabla 17.cantidad de muestras de concreto para ensayo de compresión (briquetas) álveo "b" Paqcha Uchumayo.....	81
tabla 18. Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso .....	83
tabla 19. Cantidad de material fino que pasa el tamiz n° 200 del agregado grueso.....	84
tabla 20. Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino .....	85
tabla 21. Cantidad de material fino que pasa el tamiz n° 200 del agregado fino.....	86
tabla 22. Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino .....	87
tabla 23. Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso .....	88
tabla 24. Peso unitario suelto y porcentaje de vacíos del agregado grueso.....	89
tabla 25. Peso unitario varillado y porcentaje de vacíos del agregado grueso .....	90
tabla 26 .peso unitario suelto y porcentaje de vacíos del agregado fino .....	91
tabla 27. Peso unitario varillado y porcentaje de vacíos del agregado fino.....	92
tabla 28. Contenido de humedad del agregado fino .....	93



tabla 29. Contenido de humedad del agregado grueso .....94

tabla 30 .contenido de arcillas en terrones y partículas desmenuzables o friables .....95

tabla 31 .desgaste por abrasión en la máquina de los ángeles para agregado grueso.....96

tabla 32 . Determinación de equivalente de arena en agregado fino .....97

tabla 33 . Durabilidad al sulfato de magnesio del agregado grueso .....98

tabla 34 .durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino .....99

tabla 35 . Toma de datos del agregado hormigón ..... 100

tabla 36 .Toma de datos del contenido de humedad natural del agregado grueso álveo  
“a” Santa María ..... 110

tabla 37. Toma de datos del contenido de humedad natural del agregado fino álveo  
“a” Santa María ..... 111

tabla 38. Toma de datos del contenido de humedad natural del agregado grueso álveo  
“b” Paqcha Uchumayo. .... 112

tabla 39. Toma de datos del contenido de humedad natural del agregado fino álveo  
“b” Paqcha Uchumayo. .... 113

tabla 40. Toma de datos del material más fino que el tamiz n° 200 del agregado grueso  
álveo “a” Santa María..... 116

tabla 41. Toma de datos del material más fino que el tamiz n° 200 del agregado fino  
álveo “a” Santa María..... 117

tabla 42 . Toma de datos del material más fino que el tamiz n° 200 del agregado  
grueso álveo “b” Paqcha Uchumayo. .... 118

tabla 43. Toma de datos del material más fino que el tamiz n° 200 del agregado fino  
álveo “b” Paqcha Uchumayo. .... 119

tabla 44. Toma de datos cantidad mínima de muestra de agregado grueso o global .... 121

tabla 45. Toma de datos de granulometría del agregado grueso álveo “a” Santa  
María..... 128

tabla 46. Toma de datos de granulometría del agregado fino álveo “a” Santa María.. 129

tabla 47. Toma de datos granulometría del agregado hormigón álveo “a” Santa María  
..... 130

tabla 48. Toma de datos granulometría del agregado grueso álveo “b” Paqcha  
Uchumayo ..... 131

tabla 49. Toma de datos granulometría del agregado fino álveo “b” Paqcha  
Uchumayo ..... 132



tabla 50. Toma de datos granulometría del agregado hormigón álveo Paqcha Uchumayo ..... 133

tabla 51. Muestras mínimas para agregado grueso ..... 134

tabla 52. Toma de datos arcillas en terrones y partículas desmenuzables álveo "a" Santa María ..... 137

tabla 53. Toma de datos de arcillas en terrones y partículas desmenuzables álveo "b" Paqcha Uchumayo ..... 138

tabla 54. Graduaciones de las muestras de ensayo ..... 139

tabla 55. Toma de datos de abrasión en la máquina de los ángeles del agregado grueso álveo "a" Santa María ..... 142

tabla 56. Toma de datos de abrasión en la máquina de los ángeles del agregado grueso álveo "b" Paqcha Uchumayo ..... 143

tabla 57. Toma de datos del peso específico del agregado fino álveo Santa María..... 147

tabla 58. Toma de datos del peso específico del agregado fino álveo Paqcha Uchumayo ..... 148

tabla 59. Toma de datos del peso específico y absorción del agregado grueso álveo "a" Santa María ..... 152

tabla 60. Toma de datos del peso específico y absorción del agregado grueso álveo "b" paqcha uchumayo ..... 153

tabla 61. Toma de datos del peso unitario suelto del agregado fino álveo "a" Santa María..... 156

tabla 62.toma de datos del peso unitario suelto del agregado grueso álveo "a" Santa María..... 157

tabla 63.toma de datos del peso unitario suelto del agregado grueso álveo "b" Paqcha Uchumayo ..... 158

tabla 64. Toma de datos del peso unitario suelto del agregado fino - álveo "b" Paqcha Uchumayo ..... 159

tabla 65. Toma de datos del peso unitario varillado del agregado fino álveo "a" Santa María ..... 162

tabla 66. Toma de datos del peso unitario varillado del agregado grueso álveo "a" Santa María ..... 163

tabla 67. Toma de datos del peso unitario varillado del agregado fino álveo "b" Paqcha Uchumayo ..... 164



tabla 68 . Toma de datos del peso unitario varillado del agregado grueso álveo "b" paqcha uchumayo ..... 165

tabla 69. Determinación de equivalente de arena álveo "a" Santa María ..... 168

tabla 70. Determinación de equivalente de arena álveo "b" Paqcha Uchumayo..... 169

tabla 71. Determinación de durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio del agregado fino álveo "a" Santa María. .... 173

tabla 72. Determinación de durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio del agregado grueso álveo "a" Santa María ..... 174

tabla 73. Determinación de durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio del agregado fino álveo "b" Paqcha Uchumayo..... 175

tabla 74. Determinación de durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio del agregado grueso - álveo "b" Paqcha Uchumayo ..... 176

tabla 75. Determinación de golpes por espécimen..... 179

tabla 76. Toma de datos muestras cilíndricas de concreto elaboradas con agregado clasificado álveo "a" Santa María ..... 181

tabla 77. Toma de datos muestras cilíndricas de concreto elaboradas con agregado hormigón álveo "a" Santa María..... 181

tabla 78 .toma de datos muestras cilíndricas de concreto elaboradas con agregado clasificado álveo "b" Paqcha Uchumayo..... 182

tabla 79. Toma de datos muestras cilíndricas de concreto elaboradas con agregado hormigón álveo "b" Paqcha Uchumayo ..... 182

tabla 80. Tiempo permisible para ensayo de compresión..... 183

tabla 81. Toma de datos de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas con agregado clasificado álveo Santa María 7, 14 y 28 días ..... 186

tabla 82. Toma de datos de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas con agregado clasificado álveo Paqcha Uchumayo 7, 14 y 28 días..... 189

tabla 83. Toma de datos de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas con agregado hormigón álveo Santa María a los 28 días. .... 192

tabla 84. Toma de datos de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas con agregado hormigón álveo Paqcha Uchumayo a los 28 días ..... 193

tabla 85. Contenido de humedad natural del agregado grueso del álveo Santa María.. 195

tabla 86. Contenido de humedad natural del agregado grueso del álveo "b" Paqcha Uchumayo. .... 196

tabla 87. Contenido de humedad natural del agregado fino álveo "a" Santa María ..... 197



tabla 88. contenido de humedad natural del agregado fino álveo “b” Paqcha Uchumayo ..... 197

tabla 89. Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso álveo a” Santa María..... 201

tabla 90. Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso álveo “b” Paqcha Uchumayo ..... 201

tabla 91. Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino álveo “a” Santa María..... 203

tabla 92. Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino álveo “b” Paqcha Uchumayo ..... 203

tabla 93. Análisis granulométrico por tamizado de agregado global (hormigón) álveo Santa María ..... 205

tabla 94. Análisis granulométrico por tamizado de agregado global (hormigón) álveo Paqcha Uchumayo ..... 205

tabla 95. Contenido de arcillas en terrones y partículas desmenuzables o friables del agregado grueso álveo “a” Santa María. .... 209

tabla 96. Contenido de arcillas en terrones y partículas desmenuzables o friables del agregado grueso álveo “b” Paqcha Uchumayo. .... 210

tabla 97. Contenido de arcillas en terrones y partículas desmenuzables o friables del agregado fino álveo “a” Santa María. .... 211

tabla 98. Toma de datos arcillas en terrones y partículas desmenuzables del agregado fino álveo “b” Paqcha Uchumayo ..... 211

tabla 99. Desgaste por abrasión en la máquina de los ángeles para agregado grueso álveo “a” Santa María..... 213

tabla 100. Desgaste por abrasión en la máquina de los ángeles para agregado grueso álveo “b” Paqcha Uchumayo. .... 213

tabla 101. Gravedad específica del agregado fino del álveo Santa María..... 214

tabla 102. Gravedad específica del agregado fino del álveo Paqcha Uchumayo..... 215

tabla 103. Absorción del agregado fino del álveo Santa María ..... 216

tabla 104. Absorción del agregado fino del álveo Paqcha Uchumayo. .... 216

tabla 105. Peso específico del agregado grueso del álveo “a” Santa María ..... 219

tabla 106. Gravedad específica del agregado grueso del álveo “b” Paqcha Uchumayo ..... 220

tabla 107. Absorción del agregado grueso del álveo “a” Santa María ..... 220



tabla 108. Absorción del agregado grueso del álveo “b” Paqcha Uchumayo..... 220

tabla 109. Peso unitario suelto del agregado grueso del álveo Santa María..... 223

tabla 110. Porcentaje de vacíos (suelto) del agregado grueso del álveo Santa María.. 224

tabla 111. Peso unitario suelto del agregado grueso del álveo Paqcha Uchumayo ..... 224

tabla 112. Porcentaje de vacíos (suelto) del agregado grueso del álveo Paqcha Uchumayo ..... 224

tabla 113. Peso unitario varillado del agregado grueso del álveo Santa María ..... 225

tabla 114. Porcentaje de vacíos (varillado) del agregado grueso del álveo Santa María..... 225

tabla 115. Peso unitario varillado del agregado grueso del álveo Paqcha Uchumayo. 225

tabla 116. Porcentaje de vacíos (varillado) del agregado grueso del álveo Paqcha Uchumayo ..... 226

tabla 117. Peso unitario suelto del agregado fino del álveo Santa María ..... 226

tabla 118. Porcentaje de vacíos (suelto) del agregado fino del álveo Santa María..... 226

tabla 119. Peso unitario suelto del agregado fino del álveo Paqcha Uchumayo..... 227

tabla 120. Porcentaje de vacíos (suelto) del agregado fino del álveo Paqcha Uchumayo ..... 227

tabla 121. Peso unitario varillado del agregado fino del álveo Santa María ..... 227

tabla 122. Porcentaje de vacíos (varillado) del agregado fino del álveo Santa María . 228

tabla 123. Peso unitario varillado del agregado fino del álveo Paqcha Uchumayo ..... 228

tabla 124. Porcentaje de vacíos (varillado) del agregado fino del álveo Paqcha Uchumayo ..... 228

tabla 125. Determinación de equivalente de arena del álveo Santa María ..... 229

tabla 126 . Determinación de equivalente de arena del álveo Paqcha Uchumayo..... 229

tabla 127. Determinación de la durabilidad al sulfato de magnesio del agregado grueso del álveo Santa María. .... 232

tabla 128. Determinación de la durabilidad al sulfato de magnesio del agregado grueso del álveo Paqcha Uchumayo ..... 232

tabla 129. Determinación de la durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino del álveo Santa María ..... 233

tabla 130. Determinación de la durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino del álveo Paqcha Uchumayo ..... 233

tabla 131. Propiedades del concreto álveo “a” Santa María. .... 234

tabla 132. Resultados de ensayos de laboratorio álveo “a” Santa María ..... 234



tabla 133. Propiedades del concreto álveo “b” Paqcha Uchumayo. ....240

tabla 134. Resultados de ensayos de laboratorio álveo “b” Paqcha Uchumayo. ....240

tabla 135 .Dosificación en peso de concreto f’c 210 kg/cm<sup>2</sup> álveo “a” Santa María....247

tabla 136. Dosificación en peso de concreto f’c 210 kg/cm<sup>2</sup> álveo “b” Paqcha Uchumayo .....247

tabla 137.corrección de esbeltez (l/d).....250

tabla 138. Resistencia especificada para cemento yura ip .....251

tabla 139. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas con agregado clasificado álveo “a” Santa María 7, 14 y 28 días .....252

tabla 140. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas con agregado clasificado álveo “b” Paqcha Uchumayo 7, 14 y 28 días (astm c 39 ntp 339.034).....256

tabla 141. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas con agregado hormigón del álveo “a” Santa María a los 28 días (astm c-39-ntp 339.034) .....260

tabla 142. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas con agregado hormigón del álveo “b” paqcha uchumayo a los 28 días .....262

tabla 143. Resultados del álveo “a” Santa María .....264

tabla 144. Dosificaciones para obra con agregado clasificado del álveo “a” Santa María.....265

tabla 145. Proporciones en volumen por tandas de una bolsa de cemento.....265

tabla 146. Proporción en baldes para obra del álveo “a” Santa María .....265

tabla 147. Cuadro comparativo de dosificaciones álveo “a” Santa María.....265

tabla 148. Análisis estadístico de pruebas cilíndricas del álveo “a” Santa María.....268

tabla 149. Análisis de costo unitario f’c 210 kg/cm<sup>2</sup> con agregado clasificado del álveo Santa María .....269

tabla 150. Análisis de costo unitario f’c 210 kg/cm<sup>2</sup> con agregado hormigón del álveo Santa María .....270

tabla 151. Resultados del álveo “b” Paqcha Uchumayo.....271

tabla 152. Dosificaciones para obra con agregado clasificado del álveo “b” Paqcha Uchumayo .....271

tabla 153. Proporciones en volumen por tandas de una bolsa de cemento.....272

tabla 154. Proporción en baldes de aceite del álveo “b” Paqcha Uchumayo .....272

tabla 155. Cuadro comparativo de dosificaciones álveo “b” Paqcha Uchumayo .....272



tabla 156. Análisis de costo unitario $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> con agregado clasificado del álveo Paqcha Uchumayo.....	273
tabla 157. Análisis de costo unitario $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> con agregado hormigón del álveo Paqcha Uchumayo.....	274
tabla 158. Análisis estadístico de pruebas cilíndricas del álveo Paqcha Uchumayo ....	277
tabla 159 . Matriz de consistencia .....	313



## Índice de figuras

figura 1. Mapa de localización.....	3
figura 2: álveo “a” Santa María.....	3
figura 3 : álveo “b” Paqcha Uchumayo. ....	3
figura 4: proporciones de materiales usados en la producción de concreto .....	34
figura 5: dimensiones del agregado.....	41
figura 6. Envío de muestras .....	64
figura 7. Identificación de las muestras .....	64
figura 8: diseño de ingeniería.....	79
figura 9. Máquina de los ángeles.....	101
figura 10 . Juego de tamices.....	101
figura 11. Bomba de vacíos.....	101
figura 12: balanza de precisión .....	101
figura 13. Bernier .....	101
figura 14. Balanza .....	101
figura 15. Molde cilíndrico .....	102
figura 16 . Bandejas metálicas .....	102
figura 17 . Fiola de 500 cm <sup>3</sup> .....	102
figura 18. Equipo para peso específico.....	102
figura 19 . Horno eléctrico.....	102
figura 20 . Bandeja .....	103
figura 21 . Cono .....	103
figura 22 . Máquina de compresión manual .....	103
figura 23 . Pocillos .....	103
figura 24 . Pocillos para durabilidad .....	103
figura 25 . Tamices.....	103
figura 26 . Cesta con malla de alambre con abertura correspondiente al tamiz nro. 4..	104
figura 27 . Horno .....	104
figura 28 . Equipos para peso unitario.....	104
figura 29 . Materiales para ensayo de peso específico agregado fino .....	104
figura 30 . Recipiente para sulfato de magnesio .....	104
figura 31 . Zaranda .....	104
figura 32 . Tamices del agregado fino .....	105



figura 33 . Frasco volumétrico de 500..... 105

figura 34 . Varilla ..... 105

figura 35 . Tamices de tamices para el agregado grueso ..... 105

figura 36 . Mezcladora..... 105

figura 37 . Máquina compresora ..... 105

figura 38 . Cilindro graduado ..... 106

figura 39 . Agitador mecánico ..... 106

figura 40 . Apilamiento de agregados álveo “b” Paqcha Uchumayo ..... 107

figura 41 . Apilamiento de agregados álveo “a” Santa María..... 107

figura 42 . Proceso de muestreo de agregados en campo ..... 107

figura 43 . Proceso de almacenamiento de muestra de campo para él envío al laboratorio..... 108

figura 44 . Muestras en el horno ..... 109

figura 45. Proceso de cuarteo muestra agregado fino ..... 114

figura 46 . Proceso de lavado de muestra seca final agregado grueso ..... 115

figura 47 . Proceso de pesado de muestra seca final agregado grueso ..... 115

figura 48 . Muestra de agregado fino en lugar limpio ..... 122

figura 49. Proceso de mezcla de agregados ..... 122

figura 50 . Proceso de cuarteo en cuatro partes iguales del agregado grueso..... 123

figura 51. Proceso de cuarteo en cuatro partes iguales del agregado fino ..... 123

figura 52. Proceso de secado de muestras mediante calentador para obtener masa constante. .... 124

figura 53 . Proceso de lavado de muestras mediante tamiz n° 200 ..... 124

figura 54 . Muestra seca antes de ser tamizado del agregado grueso álveo “p” Paqcha Uchumayo. .... 125

figura 55 . Muestra seca antes de ser tamizado del agregado fino álveo “a” Santa María..... 125

figura 56 . Proceso de tamizado del agregado grueso ..... 126

figura 57. Proceso de tamizado del agregado fino ..... 126

figura 58. Gradación de agregado fino álveo “a” Santa María. .... 127

figura 59 . Gradación de agregado grueso álveo “b” Paqcha Uchumayo..... 127

figura 60 . Agua destilada para muestras..... 135

figura 61 . Proceso de desintegración de partículas ..... 135

figura 62 . Proceso de tamizado en húmedo de muestras. .... 136



figura 63 . Muestras secas agregado fino..... 136

figura 64. Muestras secas agregado grueso ..... 136

figura 65 . Registro inicial de muestra seca ..... 140

figura 66. Proceso de ingreso de muestras a la máquina de los ángeles ..... 140

figura 67. Proceso de tamizado de la muestra por el tamiz n° 12 ..... 141

figura 68. Registro de muestra seca final ..... 141

figura 69 . Proceso de decantación de la muestra ..... 144

figura 70 . Proceso de prueba del cono..... 145

figura 71. Proceso de eliminación de vacíos..... 146

figura 72. Cuarteo del material ..... 149

figura 73 . Muestra sumergida del agregado grueso ..... 150

figura 74. Proceso de secado superficial del agregado grueso ..... 150

figura 75. Muestra sumergida del agregado grueso ..... 151

figura 76 . Llenado correcto del material grueso ..... 154

figura 77 . Enrasado del material grueso ..... 155

figura 78. Llenado de material fino ..... 155

figura 79. Peso de muestra final..... 155

figura 80. Proceso de varillado del material grueso ..... 160

figura 81 . Enrasado del material grueso ..... 161

figura 82. Peso del molde mas material del agregado fino ..... 161

figura 83 . Llenado de la solución de cloruro de magnesio ..... 166

figura 84. Proceso de llenado de muestra ..... 167

figura 85. Proceso de presión con el tubo irrigador ..... 167

figura 86. Proceso de colocación del sobrepeso ..... 168

figura 87 . Muestras del agregado fino para ensayo de durabilidad..... 170

figura 88. Muestras del agregado grueso para ensayo de durabilidad..... 170

figura 89 . Sumersión de la solución a las muestras..... 171

figura 90 . Proceso de decantación del sulfato de magnesio ..... 171

figura 91. Proceso de análisis cualitativo del agregado grueso ..... 172

figura 92 . Mezcla de muestras con agregado clasificado ..... 178

figura 93 .Verificación del slump..... 178

figura 94. Moldes cubiertos con petróleo ..... 179

figura 95. Muestras dosificas en palas con agregado hormigón ..... 180

figura 96. Mezcla de muestra con agregado hormigón ..... 180



figura 97. Proceso de moldeo de concreto con agregado hormigón ..... 181

figura 98. Probetas de concreto..... 183

figura 99. Verificación con el asesor del ensayo de resistencia a la compresión ..... 184

figura 100. Esquema de tipos de fractura ..... 184

figura 101 . Fractura tipo b ..... 185

figura 102. Gráficos del contenido de humedad natural del agregado grueso álveo “a”  
Santa María ..... 198

figura 103 . Gráficos del contenido de humedad natural del agregado fino álveo “a”  
Santa María ..... 199

figura 104. Gráficos del contenido de humedad natural del agregado grueso álveo “b”  
Paqcha Uchumayo ..... 199

figura 105. Gráficos del contenido de humedad natural del agregado fino álveo “a”  
Santa María ..... 200

figura 106 . Gráfico de la curva granulométrica del agregado grueso álveo “a” Santa  
María a ..... 206

figura 107. Gráfico de la curva granulométrica del agregado fino álveo “a” Santa  
María..... 206

figura 108. Gráfico de la curva granulométrica del agregado global (hormigón) álveo  
Santa María ..... 207

figura 109. Gráfico de la curva granulométrica del agregado grueso álveo “b” Paqcha  
Uchumayo ..... 207

figura 110. Gráfico de la curva granulométrica del agregado fino álveo “b” Paqcha  
Uchumayo ..... 208

figura 111. Gráfico de la curva granulométrica del agregado global (hormigón) álveo  
Paqcha Uchumayo ..... 208

figura 112. Gráfico de la gravedad específica del agregado fino del álveo “a” Santa  
María..... 217

figura 113. Absorción del agregado fino del álveo Santa María ..... 217

figura 114. Gravedad específica del agregado fino del álveo “b” Paqcha Uchumayo.. 218

figura 115. Absorción del agregado fino del álveo Paqcha Uchumayo ..... 218

figura 116. Gráfico del peso específico del agregado grueso del álveo “a” Santa  
María..... 221

figura 117 . Gráfico de absorción del agregado grueso del álveo “a” Santa María ..... 221



figura 118. Gráfico del peso específico del agregado grueso del álveo “b” Paqcha Uchumayo .....222

figura 119. Gráfico de absorción del agregado grueso del álveo “b” Paqcha Uchumayo o .....222

figura 120. Gráfico de equivalente de arena del álveo Santa María .....231

figura 121. Gráfico de equivalente de arena del álveo Paqcha Uchumayo .....231

figura 122. Molde cilíndrico para concreto .....246

figura 123. Fórmula del cono truncado .....248

figura 124 . Evolución de la compresión del concreto en muestras cilíndricas con agregado clasificado álveo “a” Santa María 7, 14 y 28 días .....255

figura 125 . Evolución de la compresión del concreto en muestras cilíndricas con agregado clasificado álveo “b” Paqcha Uchumayo 7, 14 y 28 días .....259

figura 126. Gráfico de la resistencia  $f'c$  mínimo,  $f'c$  máximo y  $f'c$  promedio del concreto en muestras cilíndricas con agregado clasificado álveo “a” Santa María .....266

figura 127 . Grafico comparativo de resistencias hormigón versus clasificado del álveo “a” Santa María a los 28 días .....267

figura 128. Gráfico de la resistencia  $f'c$  mínimo,  $f'c$  máximo y  $f'c$  promedio del concreto en muestras cilíndricas con agregado clasificado álveo “b” Paqcha Uchumayo .....275

figura 129 . Comparativo de resistencias del hormigón versus clasificado el álveo Paqcha Uchumayo a los 28 días.....276





## Capítulo 1: Planteamiento del problema

### 1.1 Identificación del problema

#### 1.1.1 Descripción del problema

En la actualidad en nuestro medio, la mayoría de las construcciones de edificaciones, transportes, geotecnia y estructuras en la ciudad de Cusco son de concreto, la utilización de materiales como el agregado es de importancia muy significativa, siendo el más comercial.

En la Provincia de La Convención, distrito de Maranura, el principal problema, se observa en la fabricación de un concreto estructural  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> elaborado con agregado hormigón de forma empírica, donde no se tiene conocimiento si sus propiedades físicas y mecánicas son aptos para fabricar un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.

Para lo cual utilizan una metodología empírica y sin ningún sustento técnico que garanticen resistencia, durabilidad y sobre todo seguridad.

#### 1.1.2 Formulación interrogativa del problema

##### Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es el análisis comparativo de la resistencia a la compresión, de un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con agregado hormigón; respecto a un concreto elaborado con agregado clasificado, en el distrito de Maranura- La Convención - Cusco?

##### Formulación interrogativa de los problemas específicos.

**Problema Específico N° 1:** ¿Cumplen las propiedades físicas del agregado clasificado para uso como concreto, proveniente del rio Vilcanota, en el distrito de Maranura - La Convención – Cusco según la norma ASTM C-33?

**Problema Específico N° 2:** ¿Cumplen las propiedades mecánicas del agregado clasificado para uso como concreto, proveniente del rio Vilcanota, en el distrito de Maranura- La Convención – Cusco según la norma ASTM C-33?

**Problema Específico N° 3:** ¿Cuál es el diseño de mezclas con el agregado clasificado, para uso como concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup>, en el distrito de Maranura- La Convención – Cusco y cuál es la evolución de la resistencia a la compresión?



**Problema Específico N° 4:** ¿Cuál es la resistencia a compresión que alcanza el concreto elaborado con el agregado hormigón de los dos álveos, proveniente del río Vilcanota, distrito de Maranura - La Convención – Cusco, en estado natural conforme a la mezcla empírica en la zona estudio?

## **1.2 Justificaciones e importancia de la investigación**

### **1.2.1 Justificación técnica**

Esta investigación tienen justificación técnica en el plano de la construcción, al elaborar concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> con agregado clasificado (ag. grueso y ag. fino) a partir del análisis de sus propiedades y la comparación con la norma C-33, y la utilidad del diseño de mezclas con el método ACI, el cual cumple con las especificaciones técnicas. Es apto fabricar concreto con el agregado clasificado donde se obtiene resistencias a la compresión mayores a  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

### **1.2.2 Justificación social**

Permitirá la generación de conocimientos relevantes que deberán ser aplicados y beneficiaran a la población estudiantil, a los ingenieros civiles y sociedad civil en general, para futuras construcciones y como base para posteriores trabajos de investigación dentro del distrito de Maranura, provincia de La Convención, Cusco.

### **1.2.3 Justificación por viabilidad**

La realización de esta investigación es viable por tener las condiciones favorables para su estudio es decir; acceso a los dos álveos que fueron evaluados, así como también equipos de laboratorio, herramientas necesarias, presupuesto, información y tiempo prudente para su desarrollo.

### **1.2.4 Justificación por relevancia**

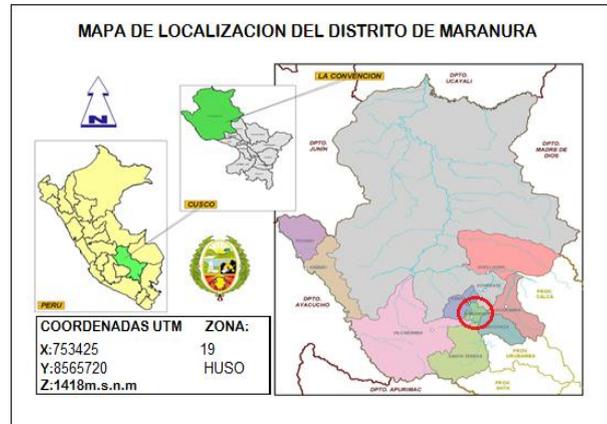
Esta investigación es importante para promover la elaboración del concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup> con agregado clasificado (ag. grueso y ag fino), donde se obtienen mayores resistencias, en comparación al concreto fabricado con agregado global (hormigón).

## **1.3 Limitaciones de la investigación**

### **1.3.1 Limitaciones geográficas**

- El presente trabajo de investigación se limita al estudio de dos álveos del río Vilcanota, ubicados en el distrito de Maranura - La Convención - Cusco.

- Los resultados logrados son válidos solamente en la región de Cusco, distrito de Maranura, La Convención.
- Se limita a la evaluación de los álveos Santa María y Paqcha Uchumayo.



**Figura 1.** Mapa de localización.  
**Fuente:** (www.map-peru.com, s.f.)



**Figura 2:** Álveo “a” Santa María.  
**Fuente:** (Google earth)



**Figura 3 :** Álveo “b” Paqcha Uchumayo.  
**Fuente:** (Google earth).

### 1.3.2 Limitaciones de estudio

- Resistencia a la compresión  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>
- Se realiza el análisis de costo unitario a nivel de insumo de materiales cotizados en la zona.
- El tamaño máximo utilizado es de 1 "
- El agua potable.
- Se limita al muestreo de agregados en cada álveo de la zona en estudio.
- Se limita al estudio de los agregados en épocas de sequía ente los meses de abril-agosto.
- Se limita al uso de cemento portland Yura IP.



➤ **Agregado hormigón**

- Se considera como patrón al concreto elaborado con agregado hormigón, donde no se realizará ningún ensayo de laboratorio.
- Las pruebas de compresión con agregado hormigón se realizara a los 28 días.
- La fabricación del concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, se realiza de forma empírica en relación a la entrevista realizada a los maestros de la zona en estudio.

➤ **Agregado clasificado**

- Se limita a la clasificación del agregado hormigón por el tamiza nro. 4.
- Uso de los agregados que cumplan con la normas NTP y ASTM para concreto.
- Utilización del agregado fino y grueso sin modificación en su granulometría.
- Método de diseño de mezclas ACI 211.1.
- Las pruebas de compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días.
- Se limita a la realización de los ensayos físicos (granulometría, peso unitario, peso específico, humedad, absorción) y ensayos mecánicos (Resistencia a la abrasión y resistencia a la durabilidad de los sulfatos de magnesio).

### 1.3.3 Limitaciones de equipos

- Se limita al uso de cono de Abrams para evaluar la consistencia del concreto.
- Se limita a la utilización de la maquina compresora para realizar el ensayo de resistencia a la compresión.

## 1.4 Objetivo de la investigación

### 1.4.1. Objetivo general

Analizar comparativamente la resistencia a la compresión, de un concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con agregado hormigón respecto a un concreto elaborado con agregado clasificado, en el distrito de Maranura- La Convención - Cusco.

### 1.4.2 Objetivos específicos

**Objetivo Especifico N° 1:** Analizar las propiedades físicas del agregado clasificado para uso como concreto, en el distrito de Maranura- La Convención – Cusco.



**Objetivo Especifico N° 2:** Analizar las propiedades mecánicas del agregado clasificado para uso como concreto, en el distrito de Maranura- La Convención- Cusco.

**Objetivo Especifico N° 3:** Realizar un diseño de mezclas con el agregado analizado de los dos álveos de río para uso como concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup>, proveniente del río Vilcanota, distrito de Maranura- La Convención – Cusco y analizar la evolución de la resistencia a la compresión.

**Objetivo Especifico N° 4:** Conocer la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado hormigón de los dos álveos, proveniente del río Vilcanota, distrito de Maranura- La Convención – Cusco preparada en condiciones empíricas.

## 1.5 Hipótesis

### 1.5.1 Hipótesis general

La variación de la resistencia a la compresión, de un concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con agregado hormigón es mayor respecto a un concreto elaborado con agregado clasificado, en el distrito de Maranura - La Convención - Cusco.

### 1.5.2 Sub hipótesis

#### Sub hipótesis N° 1:

Las propiedades físicas del agregado clasificado para uso como concreto, en el distrito de Maranura - La Convención - Cusco, cumplen con los parámetros establecidos según la norma ASTM C-33.

#### Sub hipótesis N° 2:

Las propiedades mecánicas del agregado clasificado para uso como concreto, en el distrito de Maranura - La Convención - Cusco, cumplen con los parámetros establecidos según la norma ASTM C-33.

#### Sub hipótesis N° 3:

El diseño de mezclas con el agregado analizado de los álveos de río para uso como concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup> proveniente del río Vilcanota, distrito de Maranura – La



Convención – Cusco , da una proporción 1:2:2 y la evolución de la resistencia a la compresión es menor que la resistencia especificada a los 7, 14, 28 días.

**Sub hipótesis N° 4:**

El concreto fabricado con el agregado hormigón de los dos álveos, proveniente del rio Vilcanota, distrito de Maranura- La Convención – Cusco, en estado natural alcanza una resistencia a compresión a los 28 días de un  $f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$ .

## 1.6 Definición de variables

### 1.6.1 Variables independientes

**X1: Concreto elaborado con agregado hormigón:** Este concreto es la mezcla de cemento portland, agregado hormigón y agua.

**X2: Concreto elaborado con agregado clasificado:** Este concreto es la mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua.

**X3: Agregados clasificados:** Llamado al agregado separado por el tamiz nro. 4 como agregado fino y grueso.

### 1.6.2 Indicadores de variables independientes

**X1: Concreto elaborado con agregado hormigón:**

- Cantidad de hormigón
- Cantidad de agua
- Cantidad de cemento

**X2: Concreto elaborado con agregado clasificado:**

- Cantidad de agregado grueso
- Cantidad de agregado fino
- Cantidad de agua
- Cantidad de cemento

**X3: Agregados clasificados**

- Granulometría (%)
- Peso específico ( $\text{gr/cm}^3$ )



- Humedad (%)
- Absorción (%)
- Peso unitario ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
- Contenido de vacíos (%)
- Sustancias perjudiciales (%)
- Resistencia a la abrasión (%)
- Resistencia al desgaste con sulfato de magnesio (%)

### 1.6.3 Variables dependientes

#### **Y1: Resistencia del concreto:**

Propiedad mecánica del concreto endurecido elaborado con agregado de los álveos de río, proveniente del río Vilcanota, en condiciones naturales.

### 1.6.4 Indicadores de variables dependientes

- Esfuerzo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

### 1.6.5 Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADOR	UND	INSTRUMENTOS
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>					
<b>Y1: Resistencia del concreto</b>	Propiedad mecánica del concreto endurecido elaborado con agregado de los álveos de río, proveniente del río Vilcanota, en condiciones naturales	Resistencia a la compresión a los 7 días	Esfuerzo	kg/cm <sup>2</sup>	<p><b>Guía de observación y evaluación de campo:</b> Para determinar el método de muestreo de los agregados de río.</p>
		Resistencia a la compresión a los 14 días			
		Resistencia a la compresión a los 28 días			
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>					
<b>X1 : Concreto elaborado con agregado hormigón</b>	Este concreto es la mezcla de cemento portland, agregado hormigón de río (canto rodado) y agua	Dosificación empírica del concreto con agregado hormigón	-Cantidad de hormigón -Cantidad de agua -Cantidad de cemento	kg Lt bolsas	<p><b>Planos:</b> Para determinar el área que abarca el agregado.</p> <p><b>Formatos de evaluación:</b> Para evidenciar los ensayos y muestras.</p>
<b>X2 : Concreto elaborado con agregado clasificado</b>	Este concreto es la mezcla de cemento portland, agregado clasificado (agregado fino y grueso) y agua	Diseño de mezclas del concreto con agregado clasificado	-Cantidad de agregado grueso. -Cantidad de agregado fino. -Cantidad de agua. -Cantidad de cemento.	kg kg lt bolsas	<p><b>Norma ASTM Y NTP:</b> Para comparar con los parámetros de control.</p> <p>Guías y manuales de observación de laboratorio: Para realización de ensayos correspondientes</p>
<b>X3 : Agregado clasificado</b>	Llamado al agregado separado por el tamiz nro. 4 como agregado fino y grueso	Propiedades físicas	-Granulometría -Peso específico -Humedad -Absorción -Peso unitario -Contenido de vacíos -Sustancias perjudiciales	% gr/cm <sup>3</sup> % % kg/cm <sup>3</sup> % %	<p>Archivo fotográfico: Para evidenciar los ensayos y muestras</p>
		Propiedades mecánicas	-Resistencia a la abrasión -Resistencia al desgaste con sulfato de magnesio	% %	

Fuente: Elaboración propia



## Capítulo II: Marco teórico

### 2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual

#### 2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

**Título:**

“ADAPTACIÓN DEL MÉTODO DEL DISEÑO DE MEZCLAS ACI 211.1 MEDIANTE REAJUSTE DE VALORES DE RELACIÓN A/C PARA CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO TIPO IP Y AGREGADO DE LAS CANTERAS DE VICHO Y HUAMPUTÍO.”

**Autor:** Kelvin Pfuyo Mora

**Institución:** Universidad Particular Andina del Cusco.

**Lugar:** Perú - Cusco

**Año:** 2015

#### **Resumen**

En la presente tesis consiste en adaptar el método de diseño de mezclas ACI 211.1 para agregados mal gradados procedentes de las canteras de Vicho y Huamputio, (tal como se venden en cantera) y cemento Portland Puzolánico tipo IP.

Donde mencionan que el agregado mal gradado estudiado, aporta menores resistencias a la compresión del concreto con respecto a las esperadas (según las tablas de desarrollo de la resistencia para cemento IP) lo que implicó la utilización de mayores cantidades de cemento para igualar la resistencia que aporta un concreto elaborado con buena gradación.

En la tesis mencionada muestran las tablas obtenidas de relación  $a/c$  vs  $f'_{cr}$  para agregado mal gradado, para diseños de consistencias plásticas, fluidas y secas de manera similar a las tablas que indica el método de diseño de mezclas ACI 211.1 que deberán ser utilizadas para una adecuada dosificación de mezclas de concreto que cumpla con la resistencia de diseño requerida.



## Conclusiones

Esta investigación está enfocada en el análisis y comparación de los diferentes diseños de mezcla con resistencias a la compresión de  $175 \text{ kg/cm}^2$ ,  $210 \text{ kg/cm}^2$  y  $280 \text{ kg/cm}^2$ , que son posibles realizar con diferentes tipos de revenimiento (slump 1" - 2", 3" - 4", 6" - 7") con la utilización cemento Portland Puzolánico tipo IP, y agregados de la cantera de Vicho y la de Huambutio, para posteriormente buscar una mejora en la curva de la relación agua/ cemento versus resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla.

### 2.1.2 Antecedentes a nivel internacional

Se indicara una breve descripción de la investigación tomada como referencia.

#### Titulo:

“DISEÑO DE HORMIGÓN CON CANTOS RODADOS PROVENIENTES DEL RÍO CHANCHAN A TRAVÉS DE LOS MÉTODOS ACI Y O'REILLY”

**Autor:** Ing. Edgar Calderón Cañar

**Universidad:** Universidad de Guayaquil, Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

**Lugar:** Guayaquil - Ecuador

**Año:** 2015

#### Resumen

En la siguiente tesis presenta dos diseños de hormigón para asegurar resistencia, funcionalidad, durabilidad y economía, esto es, resistencias a la compresión de 210 y 280  $\text{Kg/cm}^2$ , a través de los métodos ACI y O'Reilly, utilizando agregados pétreos tipo canto rodado, provenientes del río Chanchan.

Este trabajo muestra las propiedades físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de los materiales provenientes del río Chanchan, obtenidas a través de los diferentes ensayos de laboratorio. Así mismo, se encontrarán los diseños de hormigón utilizando los métodos ACI y O'Reilly y los análisis de precios unitarios para determinar la conveniencia económica de los dos métodos.



Finalmente concluyen que el método del Dr. O'Reilly no presenta ninguna ventaja frente al método del ACI, esto tomando en cuenta el proceso de diseño, tiempo y economía, en tanto que con el método del ACI si se pueden preparar hormigones con material tipo canto rodado proveniente del río Chanchan sin separar los agregados gruesos y finos (ripio), cumpliendo normas y especificaciones.

### **Conclusiones**

En la presente investigación nos muestran los diferentes métodos de diseños de dosificación con hormigón, cuyas resistencias a la compresión van desde los 18 Mpa a 42 Mpa, donde los materiales que se utilizan son el cemento, agua y hormigón.

La investigación analiza dos métodos para la dosificación de hormigones hidráulicos como son: el del A.C.I que es uno de los métodos más utilizados en nuestro país y el otro casi nunca utilizado, el del Dr. O'Reilly, en ambos casos se utilizó canto rodado proveniente del río Chanchan.

Los diseños de hormigón con el método del A.C.I dan una resistencia a los 28 días de 212,26 Kg/cm<sup>2</sup>, donde se observa que la cantidad de cemento a utilizarse según método del ACI es de 6.17 bolsas y con el método de O'Reilly es de 6.19 bolsas de cemento.

### **Título:**

“EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE MEZCLA DE CONCRETO,  
ELABORADAS CON AGREGADOS DE ORIGEN PÉTREO (CANTO  
RODADO Y TRITURACIÓN) Y ESCORIA DE ACERÍA”

**Autor:** Ing. Ricardo Enrique Soto Solares

**Universidad:** Universidad de San Carlos de Guatemala

**Lugar:** Guatemala

**Año:** 2008



## Resumen

Se estima que globalmente se consumen muchas toneladas de arena, grava y roca triturada, aparte que el agua requerida para elaborar concreto es del orden de  $10^9 \text{m}^3$ , situación que obliga a la industria de la construcción a buscar alternativas que mitiguen en parte el impacto ambiental causado por sus actividades. Además el uso de hornos de arco eléctrico en la industria siderúrgica va en aumento a nivel mundial, teniéndose que en Europa es el 38%, EEUU 45%, Japón 34%, Filipinas 71%, Indonesia, Malasia, Tailandia y Vietnam es del 100%.

En el presente trabajo se caracterizaron concretos elaborados con tres tipos de agregados gruesos utilizando la misma proporción, trabajabilidad y agregado fino, con el objetivo de evaluar la incidencia que tienen en el concreto, los agregados eran de diferente origen, composición y características físicas y mecánicas. Dos de origen pétreo (triturado y canto rodado) y el otro escoria de acería de horno de arco eléctrico, originada en los procesos de producción de la empresa Siderúrgica de Guatemala SIDEGUA, material que en otros países se utiliza en esta y otras aplicaciones, la empresa MULTISERV en Guatemala se encarga de procesarla en tamaños de interés para los usuarios.

## Conclusiones

La composición mineralógica de los agregados pétreos no presenta problemas con respecto a sus posibles reacciones con el cemento del concreto. Los tres tipos de agregados son inocuos respecto a la reactividad potencial álcali -sílice de acuerdo a la prueba química.

Las características físicas y mecánicas de los agregados evaluados dependen principalmente de la composición mineralógica, química y su origen.

Las propiedades mecánicas y durabilidad del concreto dependen de las características de la pasta de cemento, características del agregado y de la ligazón entre ellos (función de la forma y rugosidad del agregado). La forma y composición de los agregados de trituración y canto rodado influyen en el desarrollo de la resistencia a compresión a edades tempranas para 1, 3 y 7 días de edad, el concreto de trituración tiene los valores más altos de resistencia a compresión.



## 2.2 Aspectos teóricos pertinentes

### 2.2.1 Los álveos

#### Definición de álveo

Es el lecho o cauce de una corriente de agua, formando parte de él no solo la superficie de terreno sobre la cual discurre el agua contenida entre dos riberas, sino también el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias. No se considera álveo el lecho de un río o arroyo formado por una avenida circunstancial. ((<http://www.encyclopedia-juridica.biz14.com/d/álveo/álveo.htm>), s.f.)

### 2.2.2 El concreto

#### Definición del concreto

El concreto es una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada, canto rodado) creando una masa similar a una roca.

Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta consecuencia de la reacción química del cemento con el agua. (Diseño y Control de Mezclas de Concreto EB201), pág.5

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta.

El concreto es un material inventado por el hombre y se le considera como el más empleado y versátil de los materiales de construcción actuales, permitiendo su utilización en todo tipo de estructuras y en los climas más variados.

El concreto es una mezcla, adecuadamente dosificada de cemento, agua y agregados fino y grueso. Adicionalmente también pueden tener en su composición aditivos, adiciones y fibra. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 11)

#### Importancia del concreto

El concreto es el material de construcción de mayor uso. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la formación y conocimiento del ingeniero civil, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de



las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección y mantenimiento de los elementos estructurales.

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

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 11)

### **Requisitos del concreto**

Los principales requisitos del concreto endurecido son:

- Que sus elementos constituyentes cumplan con las normas NTP o ASTM correspondientes y estén distribuidos uniformemente en la mezcla.
- Que sea impermeable al agua u otros líquidos y resistente a las acciones del clima, al desgaste y a otros agentes destructores a los cuales pueda estar expuesto.
- Que no tenga contracción excesiva al enfriarse o sacarse.
- Que tenga apariencia o acabado arquitectónico dado cuando ello sea requerido.
- Que tenga alta resistencia a la abrasión o a productos químicos agresivos.
- Que sea resistente al fuego, ligero de peso, y con un acabado superficial con la textura requerida en las especificaciones. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, págs. 11 - 12).

### **Requisitos de las mezclas de concreto**

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos.

- La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados. Esta mezcla estará libre de segregación y tener una exudación mínima.



- La mezcla endurecida debe tener las propiedades especificadas en función del empleo que se va a dar a la estructura.
- El costo de la unidad cubica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 12).

### **Propiedades del concreto**

#### **Propiedades del concreto no endurecido**

El Concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento.

El Comportamiento Reológico del concreto fresco depende de:

- Relación agua / cemento.
- Grado de hidratación.
- Tamaño de partículas.
- Mezclado.
- Temperatura.

#### **a) Trabajabilidad**

El concepto de trabajabilidad del concreto no responde a una definición precisa dado que engloba varias propiedades interdependientes como la consistencia, la cohesión (adherencia interna), la tendencia a la homogeneidad, la plasticidad y tixotropía. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 205)

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga. La trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento.
- Secciones armadas.
- Medios de puesta en obra.

Habrà una mayor trabajabilidad cuando:

- Contenga más agua.
- Más finos.



- Agregados redondeados.
- Más cemento.
- Fluidificantes / plastificantes.
- Adiciones.

### **Acción del agregado fino**

Para que el concreto tenga trabajabilidad adecuada las partículas de agregado grueso deben estar espaciadas de manera tal que puedan moverse con relativa facilidad durante los procesos de mezcla y colocación. Igualmente se conoce que el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso, ayudando a colocar el material e tamaño mayor uniforme en el distribuido en la masa del concreto.

De todos los porcentajes del agregado fino que pueden emplearse en una mezcla con características dadas habrá uno, considerando el óptimo, definido como aquella cantidad de material para la cual resulta el más bajo contenido de agua pero que proporciona la trabajabilidad requerida, con un margen de seguridad adecuado para prevenir dificultades por variación en las coordinaciones de trabajo o en las características de los materiales.

De lo anterior es evidente que la granulometría del agregado fino tiene influencia sobre la trabajabilidad, siendo deseable que no menos del 10% y de preferencia no menos del 15% de aquel pase el Tamiz N° 50 .Igualmente se recomienda para el porcentaje acumulativo que pasa el Tamiz N° 100 valores del 2% al 10%.

La Norma ASTM C33 complementa estos requisitos con el que no más del 45% del agregado fino sea retenido por dos tamaños consecutivos de los tamices N°100, N°50, N°30, N°16 y N°8. Igualmente que el módulo de fineza del agregado sea mantenido entre los valores 2.3 y 3.1.

Esta última consideración se basa en el hecho que cuanto menor es el módulo de fineza, dentro de los límites indicados, mayor es el valor lubricante del agregado fino, pudiéndose emplear menor cantidad de éste y mayor cantidad de agregado total en la mezcla sin que esta deje ser trabajable. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 206).

**Acción del agregado grueso.**

En relación con el perfil del agregado grueso, está demostrado que la piedra partida, cuando se la compara con agregado de perfil redondeado, requiere mayor cantidad de agregado fino para compensar el perfil angular de las partículas, en orden a obtener una mezcla comparable en trabajabilidad a aquellas en las que se emplea grava.

Los cambios de angulosidad del agregado tienen un efecto más importante sobre la trabajabilidad que los que puedan presentarse en el espesor de aquel y, en general, un incremento en la angulosidad conduce a una reducción en la trabajabilidad.

El empleo de partículas de perfil chato y alargado obliga, por su mayor área superficial, a diseñar mezclas más ricas en agregado fino y, por tanto a emplear mayores cantidades de cemento y agua. Si este tipo de partículas se encuentran en el conjunto en un porcentaje moderado, no mayor del 5% no tiene efecto importante sobre la trabajabilidad.

Altos porcentajes de confitillo, piedra 3/8 " a 3/16 ", producen un incremento en los vacíos entre las partículas de agregado el cual, si no se modifica la dosificación de la mezcla, da por resultado una importante disminución en la trabajabilidad al ser mortero insuficiente para llenar el exceso de vacíos y cubrir con pasta la mayor área superficial.

Si bien, aparentemente, no existe una relación entre la textura superficial del agregado y la trabajabilidad del concreto es evidente que, para un mismo contenido de pasta, cuanto menos rugosa sea la superficie del agregado mayor será la facilidad de deslizamiento. Igualmente, la limpieza del agregado, por su menor demanda de agua, ha de favorecer a la trabajabilidad de la mezcla.

Existe relación entre la capacidad de absorción del agregado y la trabajabilidad dado que los agregados altamente porosos, al tomar más agua de la mezcla, tienden a aumentar su consistencia y disminuir su trabajabilidad. Aunque la trabajabilidad del concreto es función de las características del encofrado que lo va a recibir y del contenido de agua del mismo, es evidente que el agregado juega un papel importante en el logro de ésta. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 207) .

## b) Consistencia

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ellos que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Una mezcla trabajable para pavimentos puede tener un alta consistencia que la hace difícil de trabajar en columnas o placas. Inversamente, una mezcla cuya consistencia la hace adecuada para vigas o columnas puede ser excesivamente trabajable para estructuras masivas.

La consistencia de una mezcla está en función de su contenido de agua, de la granulometría y características físicas del agregado, las que determinan la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia determinada.

Usualmente la consistencia de una mezcla se define por el grado de asentamiento de la misma. Corresponden los menores asentamientos a las mezclas más secas y los mayores a las consistencias fluidas. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 208)

Las Normas Alemanas clasifican al concreto, de acuerdo a su consistencia, en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos.
- Concretos plásticos.
- Concretos fluidos.

-Los concretos consistentes son definidos como aquellos los cuales tienen el grado de humedad. Este tipo de concreto sólo contiene el agua necesaria para que su superficie, después e vibrados, quede blanda y unida.

-Los concretos plásticos son definidos como aquellos que contienen el agua necesaria para dar a la masa una consistencia pastosa.

-Los concretos fluidos son aquellos que han sido amasados con tanta agua que la mezcla fluye como una pasta blanda. Este tipo de concreto debe ser empleado en aquellas estructuras en las que la disminución de la calidad originada por el exceso contenido de agua carece de importancia.



Los norteamericanos clasifican el concreto por el asentamiento de la mezcla fresca. El método de determinación empleado es el método del cono de asentamiento (método del cono de Abrams) o método de slump, y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido retirado el molde que la recubría.

Por consiguiente, se puede definir al asentamiento como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubriría

En la actualidad se acepta una correlación entre la Norma Alemana y los criterios norteamericanos, considerándose que:

- A las consideraciones secas corresponden asentamientos de 1"- 2" (25mm a 50 mm).
- A las consideraciones plásticas corresponden asentamientos de 3"- 4" (75mm a 100 mm).
- A las consideraciones fluidas corresponden asentamientos de 6"- 7" (150mm a 175 mm). (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014)

### **Importancia del agregado**

Para un mismo contenido de pasta, el empleo de agregados de perfil esférico tiende a disminuir la consistencia igualmente, el empleo de partículas de agregado grueso de textura superficial suavizada permite obtener mezclas menos consistentes.

Las partículas recubiertas de polvo, o con costras o incrustaciones superficiales, aumentan la consistencia debido a la mayor demanda de agua con la consiguiente disminución en la trabajabilidad al tomar el agregado agua de la mezcla.

Los agregados secos o altamente porosos pueden aumentar la consistencia, haciendo la mezcla más seca, por reducción en la cantidad de agua disponible para mezcla. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 209).

### **Importancia de la granulometría**

Agregados adecuadamente graduados permiten seleccionar proporciones de fino y grueso que den una consistencia adecuada. Algunos criterios a ser considerados en la selección de la granulometría del agregado pueden ser los siguientes:



- a) Desde el punto de vista de la consistencia no existen granulometrías ideales.
- b) El efecto de la granulometría sobre la consistencia no es constante ya que depende de los contenidos de cemento y agua de la mezcla.
- c) La granulometría seleccionada debe dar la consistencia elegida con el menor contenido de agua.
- d) Si la granulometría del agregado se modifica disminuyendo la superficie específica, la consistencia de la mezcla tiende a disminuir.
- e) Si se modifica la granulometría del agregado pero se mantiene la superficie específica, la consistencia no es afectada. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 209)

### **Granulometría del agregado fino**

En relación con la granulometría del agregado fino deberá tener en consideración lo siguiente:

- a) Las arenas muy finas pueden obligar a incrementar la relación agua-cemento, lo que puede significar consistencias más altas y, a igualdad de éstas, menores resistencias.
- b) El efecto del agregado fino sobre la consistencia es mayor que el del agregado grueso debido a su mayor superficie específica.
- c) En mezclas de alto contenido de material cemento, la cantidad de agregado fino puede reducirse significativamente sin pérdida importante de la consistencia. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 210)

### **Granulometría del agregado grueso**

El efecto de la granulometría del agregado grueso sobre la consistencia es menor que el del fino, debido a su menor superficie específica.

Los requisitos de agua de la mezcla, y por tanto la influencia de aquella sobre la consistencia, tienden a disminuir conforme se incrementa el tamaño máximo nominal del agregado grueso si su granulometría está dentro de las indicadas en la Norma ASTM C-33. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 210)



### **c) Cohesividad**

Se define a la cohesividad como aquella propiedad del concreto fresco gracias a la cual es posible controlar el peligro de segregación durante la etapa de colocación de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la esperanza de la misma y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 211- 212)

#### **Importancia del agregado**

El efecto del agregado sobre las propiedades cohesivas del concreto depende de factores tales como el tamaño máximo del agregado grueso, la granulometría combinada de los agregados fino y grueso , el porcentaje de agregado fino en relación al agregado total , y la cantidad de partículas de arcilla fina presentes en el agregado.

La falta de cohesividad puede incrementar el riesgo de segregación en mezclas de muy baja trabajabilidad, o en mezclas preparadas con agregado grueso de diámetro grande.

Los incrementos en el porcentaje de agregado fino en la mezcla pueden mejorar la cohesividad .En mezclas muy pobres es importante una adecuada participación en la granulometría de las partículas que corresponden a los tamaños menores. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 212).

### **d) segregación**

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

Esta definición es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al anterior de las mismas fuerzas las cuales tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido .El resultado de la acción de estas fuerzas es definido como segregación (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 210)



### **Importancia del agregado**

Bajo determinadas condiciones las partículas más gruesas pueden tender a separarse del mortero, ya sea porque pueden rodar más rápidamente o porque pueden asentarse a mayor velocidad que las partículas más finas.

Una causa de la segregación puede ser el empleo de agregado grueso cuya gravedad específica difiere apreciablemente de la que tiene el agregado fino.

Otra puede ser el empleo de agregado grueso de alta densidad, pueden alcanzar pesos unitarios del orden 4,500 kg/m<sup>3</sup>. En estos concretos el riesgo de segregación es mayor. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 211)

### **e) Exudación**

La exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 211)

### **Importancia del agregado**

La exudación de la mezcla de concreto está influenciada por las proporciones de la mezcla y por las características de los materiales, contenido de aire, empleo de aditivos y adiciones y, especialmente, por la angularidad y granulometría del agregado fino.

Cuando la exudación es excesiva, debe darse atención a la granulometría y angularidad del agregado fino. El empleo de arenas finas, las mezclas de arenas, y un control más cuidadoso son factores que pueden contribuir a la reducción de la exudación. Una forma de controlar la exudación es el empleo de agregado fino adecuadamente graduado, con presencia de los tamaños menores en proporciones adecuadas.

Otra forma de contribuir a controlar la exudación es el empleo de una combinación adecuada de arenas gruesas y finas, a fin de incrementar la superficie específica y disminuir el volumen de exudación. (Norma Técnica Peruana 400.037, 2000, pág. 211)

## **f) Contenido de aire**

Este elemento está presente en todos los tipos de concreto, localizado en los poros no saturables de los agregados y formando burbujas entre los componentes del concreto, bien sea porque es atrapado durante el mezclado o al ser intencionalmente incorporado por medio del uso de agentes inclusores tales como cementos o aditivos incorporadores de aire.

El contenido de aire de un concreto sin agentes inclusores normalmente esta entre 1% y el 2% del volumen de la mezcla. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 212)

## **Propiedades del concreto en estado endurecido**

### **a) Resistencia**

La resistencia es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse. La resistencia en compresión se utiliza como índice de la calidad del concreto.

Por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos convencionales dista mucho de la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregado, las mismas que se encuentran por encima de los 1,000 kg/cm<sup>2</sup>. Por esta razón no se ha profundizado el análisis de la influencia del agregado en la resistencia del concreto.

Lo expresado anteriormente es de fácil comprobación, si se observa la fractura de los especímenes de concreto sometidos a ensayos de compresión. En ellos, la rotura se presenta en el mortero o en la zona de adherencia con el agregado grueso y, por excepción en los agregados descompuestos o alterados.

Pocas veces se determina la resistencia a la compresión de los agregados; en estos casos, se evalúa la resistencia de la roca en probetas talladas para la prueba. Los resultados obtenidos no son indicativos, por la influencia intrínseca de los posibles planos de débiles de la roca y lo incierto de extrapolar valores a las partículas fragmentadas.

Posteriormente se demostró por Gilkey y Walker que la resistencia era función de cuatro factores:



- Relación agua-cemento.
- Relación cemento-agregado.
- Granulometría, dureza, resistencia, perfil y textura superficial del agregado.
- Tamaño máximo del agregado.

Esta teoría, que a la fecha tiene vigencia y que mantiene el concepto de la relación agua/cemento enunciado por Abrams en 1918 ha sido complementada por Powers al enunciar su teoría de la relación gel – espacio y su influencia en la resistencia; así como las teorías posteriores sobre la resistencia por adherencia pasta – agregado y su importancia en la resistencia final del concreto. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 232 - 233)

Adicionalmente a los factores indicados, pueden influir sobre la resistencia final del concreto y por lo tanto deben ser tomados en consideración en el diseño de la mezcla lo siguiente:

- Cambio en el tipo, marca y tiempo de almacenamiento del cemento y materiales cementantes empleados.
- Características del agua en aquellos casos en que no se emplea agua potable.
- Presencia de limo, arcilla, mica, carbón, humus, materia orgánica, sales químicas, en el agregado. Todos los compuestos enunciados disminuyen la resistencia del concreto principalmente debido a que se incrementan los requisitos de agua, se facilita la acción de intemperismo, se inhibe el desarrollo de una máxima adherencia entre el cemento hidratado y los agregados, se dificulta la hidratación normal del cemento, y se facilita la reacción química de los agregados con los elementos que componen el cemento.
- Modificaciones en la granulometría del agregado con el consiguiente incremento en la superficie específica y en la demanda de agua para una consistencia determinada.
- Presencia de aire en la mezcla, la cual modifica la relación poros – cemento, siendo mayor la resistencia del concreto cuanto menor es esta relación. (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 34)

**b) Resistencia a la comprensión**

La resistencia de un concreto, normalmente aumenta con la edad. Dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose en una proporción más reducida durante un período de tiempo indefinido.

La resistencia a compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo. (Rivera L. A., pág. 121).

Para calcular la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto se utilizan las siguientes formulas:

**Ecuación 1:**

Ecuación para calcular la resistencia a compresión de probetas cilíndricas

$$\text{ÁREA} = \frac{\pi(\text{DIÁMETRO PROMEDIO})^2}{4}$$

$$\text{RESISTENCIA (kg - f/cm}^2\text{)} = \frac{\text{CARGA}}{\text{ÁREA}}$$

$$\text{RESISTENCIA (\%)} = \frac{\text{RESISTENCIA (kg - f/cm}^2\text{)} * 100}{\text{RESISTENCIA DE DISEÑO}}$$

**Fuente:** (Rivera L. A.)

**Influencia del perfil del agregado**

El contenido de vacíos de la masa de concreto disminuye conforme se incrementa la cantidad de partículas de perfil redondeado, facilitando el acomodo del agregado en el concreto.

El agregado de perfil angular requiere más agua por su mayor superficie específica, pero puede dar la misma resistencia para un factor cemento determinando si es adecuadamente dosificado.



Por su menor superficie específica y menor demanda de cemento y agua, el agregado de perfil redondeado parecería ser más adecuado que el de perfil angular. Sin embargo, el mayor contenido de cemento requerido es compensado por las mayores resistencias resultantes de una mayor adherencia entre el agregado y la pasta, así como de una mayor ligazón en la textura del concreto endurecido.

La relación agua-cemento del mortero, para una consistencia dada, tiene relación con el perfil del agregado fino, requiriendo el perfil redondeado menos agua para obtener una resistencia determinada. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 236)

### **Limpieza del agregado**

La presencia de limo, arcilla, mica, carbón, humus, materia orgánica, o sales en la superficie del agregado puede disminuir la resistencia del concreto debido a que:

- Se incrementa los requisitos de agua.
- Se facilita la acción del intemperismo
- Se inhibe el desarrollo de una máxima adherencia entre la pasta y el agregado.
- Se modifica la hidratación normal del cemento.
- Se facilita la reacción química del agregado con los componentes de la pasta.

(Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 236)

### **Influencia de la granulometría**

La granulometría del agregado influye sobre el agua necesaria en la mezcla. Características granulométricas inadecuadas requieren más agua y obligan a aumentar el factor cemento para no perder resistencia.

La granulometría, perfil y cantidad total de agregado fino influyen sobre la resistencia por su efecto sobre los requerimientos de agua. Ello obliga a ajustar las proporciones de la mezcla para compensar cambios en el agregado fino. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 238)



### **Efectos del agregado fino**

La resistencia del mortero es afectada por la fineza del agregado, siendo mayor conforme el agregado es más fino. Ello posiblemente debido al alto contenido de pasta de dichos morteros más que a una relación directa entre fineza y resistencia.

La resistencia se reduce conforme la cantidad de agregado fino se incrementa debido a que la cantidad de pasta por unidad de volumen de mortero decrece. El efecto de la fineza es indirecto dado que él determina la cantidad de agregado grueso requerido. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 238)

### **Influencia del tamaño máximo del agregado**

Se demostró que el tamaño del agregado grueso ejerce gran influencia sobre la resistencia independientemente de la relación agua-cemento, siendo menor la resistencia para una relación agua –cemento, dada conforme el tamaño máximo del agregado se incrementa.

Para concretos cuya resistencia en compresión a los 28 días es mayor de 350 kg/cm<sup>2</sup> la teoría de Abrams no se cumple. En estos concretos el tamaño máximo del agregado debería estar en el orden de ½", debiéndose limitar el tamaño máximo 3/8", para concretos por encima de 450 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Las principales conclusiones de los trabajos de Abrams, Gilkey, Walker y posteriores investigadores serían:

- a) Diversos tamaños de agregado plantean diferentes relaciones entre resistencia y relación agua.
- b) Para una relación agua dada, la resistencia del concreto será menor conforme el tamaño máximo del agregado se incrementa.
- c) La relación entre la resistencia y el tamaño máximo del agregado varía dependiendo de las características del agregado.
- d) Desde el punto de vista de la resistencia el óptimo tamaño máximo de agregado variara de acuerdo al tipo, dureza, perfil, textura superficial, limpieza y mineralogía, así como con el factor cemento. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 239 - 241 - 242)



### c) **Peso unitario**

El peso unitario del concreto depende de la gravedad específica del agregado, de la cantidad de aire de la mezcla, de las proporciones de ésta, y de las propiedades del agregado que determinan los requerimientos de agua.

Desde que la gravedad específica de la pasta es menor que la de los agregados normales, el peso unitario del concreto se incrementa con disminución en el contenido de pasta. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 245)

### d) **Durabilidad**

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

El concreto puede deteriorarse por contacto con diferentes agentes químicos activos o por sustancias que en sí mismas no son nocivas, pero que pueden reaccionar con alguno de los elementos integrantes del concreto. Entre las sustancias consideradas como peligrosas se encuentran:

- Los ácidos inorgánicos.
- Las sales inorgánicas.
- Los cloruros.
- Los sulfatos de sodio, magnesio y calcio.
- Las aguas que contienen muy poca o ninguna sal en disolución, es decir, que están casi químicamente puras.
- El nitrato de amonio
- Las grasas y aceites animales.

Entre los agentes externos o internos capaces de atentar contra la durabilidad de concreto se encuentran los procesos de congelación y deshielo; los de humedecimiento y secado; los de calentamiento y enfriamiento; la acción de agentes químicos, especialmente



cloruros y sulfatos: y la de aditivos descongelantes. (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 34)

### **Curado del concreto**

El curado es el proceso de un mantenimiento satisfactorio contenido de humedad y una temperatura favorable en el concreto durante el periodo de hidratación del material cementante permitiendo que las propiedades deseadas para el concreto puedan desarrollarse. Si el curado es esencial en la producción de un concreto de calidad, en los concretos de alta resistencia crítico. La resistencia potencial y durabilidad del concreto deberán ser totalmente desarrolladas únicamente si él es apropiadamente curado por un periodo adecuado antes de ser puesto en servicio. Así, los concretos de alta resistencia deberán ser curados en agua a una edad temprana desde que la hidratación pueda que los capilares se discontinúen. (López Enrique, 2012)

### **Tipo de curado**

En los concretos de alta resistencia el curado con agua es altamente recomendable debido a la baja relación agua / cemento empleada. En una relación agua/ cemento por debajo de 0.4 el grado final de hidratación se reduce significativamente si no se provee agua libre. El profesor Klieger ha reportado que para concretos de baja relación agua/ cemento es más ventajoso aportar agua adicional durante el curado que en el caso de concretos con una relación agua / cemento alta. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014)

### **Limitaciones del curado**

- El rendimiento de los compuestos varía entre 3.5 y 5.3 m<sup>2</sup> por litro.
- La aplicación puede realizarse con un dispositivo atomizador manual o con rociador mecánico, siendo más indicado este último para grandes superficies, por la distribución uniforme y mayor profundidad.
- Los compuestos de membrana se aplican cuando el agua libre sobre la superficie del concreto ha desaparecido, lo que generalmente ocurre cuando pierde el brillo superficial. Sin embargo, en climas cálidos se aplica de inmediato el terminado, para evita fisuras.



### 2.2.3 Cemento portland

Es un cemento hidráulico producido por la pulverización del Clinker, el cual está compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos, conteniendo además, una o más formas de sulfatos de calcio (yeso), como un añadido en la etapa de la molienda. Hasta hace pocos años este era el cemento más utilizado en las aplicaciones del concreto: Simple y armado, así como en los trabajos de albañilería (Cemento Yura, S.A., 2010, pág. 2).

#### **Fabricación del cemento portland.**

El punto de partida del proceso de fabricación lo constituye la selección y explotación de las materias primas para su procesamiento consiguiente. El proceso de fabricación del cemento lo detallamos a continuación:

Se inicia con la explotación de las canteras de materia prima para someterlas a un proceso de chancado primario en que se reduce su tamaño a piedras del orden de 5" y luego se procesa este material en una chancadora secundaria que las reduce a un tamaño de alrededor de ¾", con lo que están en condiciones de ser sometidas a molienda. Los materiales son molidos individualmente en un molino de bolas hasta ser convertidos en un polvo fino impalpable, siendo luego dosificados y mezclados íntimamente en las proporciones convenientes para el tipo de cemento que se desee obtener. (Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1998, pág. 17).

La mezcla es posteriormente introducida en un horno giratorio consistente en un gran cilindro metálico recubierto de material refractario con diámetros que oscilan entre 2 y 5 m, y longitudes entre 18 a 150 m. El horno tiene una ligera inclinación con respecto a la horizontal del orden del 4% y una velocidad de rotación entre 30 a 90 revoluciones por hora. Dependiendo del tamaño del horno, se puede producir de 30 a 700 toneladas. La fuente de calor se halla en el extremo opuesto al ingreso del material y pueden obtenerse mediante inyección de carbón pulverizado, petróleo o gas en ignición, con temperaturas máximas entre 1250 y 1900 °C. Las temperaturas desarrolladas a lo largo del horno producen primero la evaporación del agua libre, luego la liberación del CO<sub>2</sub> y finalmente en la zona de mayor temperatura se produce la fusión de alrededor de un 20% a 30% de la carga y es cuando la cal, la sílice y la alúmina se vuelven a combinar aglomerándose

en módulos de varios tamaños usualmente de ¼" a 1" de diámetro de color negro característico, relucientes y duros al enfriarse, denominados “clinker de cemento portland”. En la etapa final del proceso, el clinker es enfriado y es molido en un molino de bolas conjuntamente con yeso en pequeñas cantidades (3 a 6%) para controlar el endurecimiento violento. La molienda produce un polvo muy fino que contiene hasta  $1.1 \times 10^{12}$  partículas por kg, y que pasa completamente por un tamiz N° 200 (0.0737 mm, 200 aberturas por pulgada cuadrada). Finalmente el cemento pasa a ser almacenado a granel, siendo luego suministrados en esta forma o pesado y embolsado para su distribución (Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1998, pág. 21).

### Composición principales del cemento portland

Luego del proceso de formación del clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que detallaremos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente:

Tabla 2. *Componentes del cemento*

NOMBRE DEL COMPUESTO	FÓRMULA QUÍMICA	ABREVIATURA	PORCENTAJE
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	30 - 50%
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	15 - 30 %
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	4 - 12 %
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	
Cal libre			

Fuente: (Enrique Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1993, pág. 18)

### Tipo de cemento a utilizar

El tipo de cemento que utilizaremos para la presente investigación es el cemento portland IP.

**Tipo IP:** Cemento cuya adición viene a ser la puzolana entre 15% a 40% en peso, se recomienda en obras masivas o con ataques de aguas agresivas, aguas negras en



cimentaciones en todo terreno, son cementos de moderada calor de hidratación y de moderada resistencia a los sulfatos.

### **Ventajas del cemento portland tipo IP**

Radica en que aumenta la trabajabilidad de la mezcla, disminuye la exudación y segregación, esto durante el estado fresco, en cambio en estado endurecido, mejora la resistencia al intemperismo, genera menores calores de hidratación e incrementa la impermeabilidad.

### **Desventajas del cemento portland tipo IP**

Requieren mayores demandas de agua para la mezcla, presenta mayor retracción durante la hidratación requiere un mayor control de calidad y que en la etapa de curado debe ser continuo evitando las fisuraciones.

### **Mecanismo de hidratación del cemento**

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. Los componentes ya mencionados anteriormente, al reaccionar con el agua forman hidróxidos e hidratos de calcio complejos. La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente con el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener. (Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1998, pág. 26)

### **Fraguado del cemento.**

#### **Fraguado inicial**

Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que se evidencia el proceso exotérmico donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas.



Se forma una estructura porosa llamada gel de Hidratos de Silicatos de Calcio (CHS o Torbemorita), con consistencia coloidal intermedia entre sólido y líquido que va rigidizándose cada vez más en la medida que se siguen hidratando los silicatos.

Este período dura alrededor de tres horas y se producen una serie de reacciones químicas que van haciendo al gel CHS más estable con el tiempo. En esta etapa la pasta puede remezclarse sin producirse deformaciones permanentes ni alteraciones en la estructura que aún está en formación. (Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1998, pág. 27)

### **Fraguado final**

Se obtiene al término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 27)

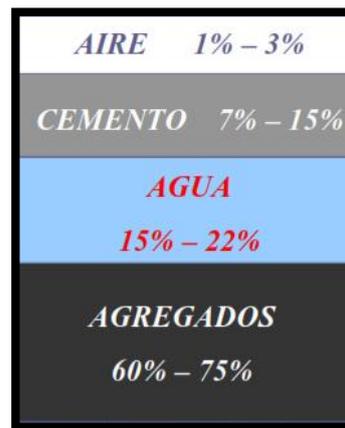
### **2.2.4 Agregado**

#### **Definición del agregado**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 68)

Los agregados finos y gruesos ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto.

Los agregados deben cumplir con algunas normas para que su uso en ingeniería se optimice: deben ser partículas limpias, duras, resistentes, durables y libres de productos químicos absorbidos, revestimiento de arcilla u otros materiales finos en cantidades que puedan afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregados friables (disgregables, deleznable o desmenuzables) o capaces de rajarse son indeseables. Se deben evitar agregados que contienen cantidades apreciables de esquisto u otras rocas esquistosas, de materiales blandos y porosos. (Kosmatka, Kerkhoff, & Panarese, pág. 103)



**Figura 4:** Proporciones de materiales usados en la producción de concreto  
**Fuente:** (Carbajal, 1998 - 1999, pág. 23)

El agregado tiene un papel determinante en las propiedades del concreto, interviene en las resistencias mecánicas, la durabilidad, el comportamiento elástico, propiedades térmicas, etc.

Los agregados que no cumplen con todos los requisitos de las especificaciones ASTM o NTP son considerados como agregados marginales y pueden ser empleados solo bajo determinadas circunstancias y con autorización previa del especialista.

La selección de un agregado deberá basarse en criterios técnicos y consideraciones de orden económico. Los criterios técnicos no son absolutos aceptándose límites que se basan en diversos factores que incluyen técnicas de ensayo, uso propuesto para el material, y ventajas económicas para el abastecedor y el usuario.

Deberá emplearse el análisis petrográfico para determinar el posible comportamiento del agregado en la estructura, así como si el agregado propuesto está en capacidad de hacer el registro de servicios solicitado.

Deberá recordarse siempre que un pobre comportamiento del concreto endurecido puede no siempre ser debido a fallas en el agregado. Por ejemplo, un sistema de vacíos



inadecuado en la pasta puede dar resultado fallas en un concreto saturado expuesto a condiciones de congelación y deshielo. Agentes químicos, tales como los sulfatos pueden causar serios deterioros aun cuando el agregado empleado sea enteramente satisfactorio. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 69)

### **Clasificación de los agregados**

#### **Por su origen**

Por su origen los agregados se clasifican en:

##### **a) Agregados naturales.**

Son aquellos procedentes de la explotación de fuentes naturales tales como: depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río) o glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Pueden usarse tal como se hallen o variando la distribución de tamaños de sus partículas, si ello se requiere. Todas las partículas que provienen de los agregados tienen su origen en una masa mayor la que se ha fragmentado por procesos naturales como intemperismo y abrasión, o mediante trituración mecánica realizada por el hombre, por lo que gran parte de sus características vienen dadas por la roca madre que le dio su origen (Salcedo, 2008).

##### **b) Agregados artificiales**

Se define como agregados artificiales a las partículas obtenidas como el resultado de un proceso transformación industrial de un elemento natural, como es el caso de las arcillas y exquisitos expansionados; o como subproducto de un proceso industrial, como sería el caso de las escorias de alto horno. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 70)

#### **Por su composición mineralógica**

Por su composición mineralógica los agregados pueden ser primordialmente:

- Silicios
- Calcáreos



La forma en la cual los minerales principales se presentan, así como la presencia o ausencia minerales secundarios, pueden ser más importantes que la composición promedio. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 70)

### **Por su gradación**

Se define como agregado fino a aquel que pasa íntegramente por el tamiz La gradación es la distribución volumétrica de las partículas, que como se ha mencionado, tiene suma importancia en el concreto. Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y las menores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM # 4). Esta clasificación responde además a consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma con objeto de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo. (Pasquel Carbajal, Topics de Tecnología del concreto en el Peru, 1998-1999).

### **Por sus características físicas**

Por la contribución de sus propiedades físicas a la calidad del concreto, el agregado puede clasificarse en cuatro categorías:

- Agregado bueno
- Agregado satisfactorio
- Agregado regular
- Agregado pobre

Se considera **agregado bueno** aquel que por la superior calidad de sus constituyentes contribuye a una resistencia alta, tiene buena durabilidad bajo cualquier condición externa o interna, y es resistente a los procesos de erosión y abrasión

Se considera **agregado satisfactorio** aquel cuyos elementos contribuyen a una moderada resistencia del concreto; igualmente dan a éste resistencia a los procesos de erosión y abrasión, así como buena durabilidad bajo cualquier condición.

Se considera como **agregado regular** aquel cuyos constituyentes contribuyen a obtener una moderada resistencia a la compresión y abrasión del concreto, pero bajo condiciones de clima pueden contribuir a su destrucción.



Se considera **agregado pobre** aquel cuyos constituyentes son de baja calidad y contribuyen a obtener bajas resistencias mecánicas y de abrasión del concreto, e igualmente causan destrucción del concreto bajo condiciones climáticas pobres. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 172 , 173)

### **Por sus características químicas**

La reactividad química de los constituyentes del agregado, especialmente con los álcalis del cemento, permiten clasificarlos en:

- Inocuos
- Deletéreos

Se denomina **agregados inocuos** a aquellos cuyos elementos constituyentes no participan en reacciones químicas dañinas al concreto.

Se denomina **agregados deletéreos** a aquellos que contienen materiales los cuales producen efectos adversos sobre el concreto debido a la reacción química que tiene lugar con posterioridad al endurecimiento de la pasta.

Las sustancias que se consideran deletéreas, en razón de susceptibilidad al ataque por álcalis presentes en el cemento, no son peligrosas si se emplean con cementos que contiene menos del 0.6% de álcalis totales. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 70)

### **Por su peso**

De acuerdo a su peso unitario, dado por su densidad, los agregados se clasifican en:

- Agregados pesados
- Agregados de peso normal
- Agregados livianos

Loa **agregados pesados** naturales incluyen el espato pesado, la hematita, la magnetita, la limonita, la baritina, etc. Los artificiales incluyen trozos de hierro, bolas de metal, virutas de acero, limaduras de hierro, etc.



Los **agregados de peso normal** naturales, incluyen las arenas y cantos rodados de río o cantera, la piedra partida, etc. Entre los artificiales las escorias de alto horno, el clinker triturado, el ladrillo partido, etc.

Los **agregados livianos** naturales se encuentran la escoria volcánica y la piedra pómez. Entre los artificiales el clinker de altos hornos; las arcillas, pizarras y esquistos expandidos; la perlita, la vermiculita, etc. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, págs. 70 , 71)

### **Por su perfil**

De acuerdo a su perfil las partículas de agregado comprenden siete grupos.

- Redondeado
- Irregular
- Laminado
- Angular
- Semiangular o Semiredondeado
- Elongado
- Laminado o elongado

**Redondeado**, comprende aquellas partículas totalmente trabajadas por el agua o completamente perfiladas por desgaste o frotamiento, tales como la grava de río o de mar.

**Canto rodado**, El canto rodado en simples palabras es un agregado natural originado por la desintegración de fragmentos de roca, por su transporte a través del agua en ríos, en si podemos decir que las partículas de roca son resistentes por la erosión que resistieron, otra cualidad es que sean redondeados, lisos.

Podemos decir que con el canto rodado obtenemos una buena resistencia y mejor trabajabilidad por que las partículas se deslizaran muy fácilmente llegando a esquinas y lugares difíciles para el concreto (<http://civilgeeks.com/canto-rodado-vs-piedra-chancada-2/>)

**Irregular**, comprende las gravas naturalmente irregulares o parcialmente perfiladas por desgaste y que tiene caras redondeadas, tales como las gravas de cantera de aluvión.



**Laminado**, comprende aquellas partículas en las cuales el espesor es pequeño en relación a las otras dos dimensiones.

**Angular**, comprende aquellas partículas cuyos ángulos son bien definidos y están formados por la intersección de caras rugosas.

**Semiangular o Semiredondeado**, comprende aquellas partículas cuyos ángulos están formados por la intersección de caras rugosas y otras que son redondeadas o tienden a serlo.

**Elongado**, comprende aquellas partículas, generalmente angulares, en las cuales la longitud es considerable mayor que las otras dos dimensiones.

**Laminado o elongado**, comprende aquellas partículas que tienen la longitud considerable mayor que el ancho, éste considerablemente mayor que el espesor. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 71)

#### **Por su textura superficial**

De acuerdo a su textura superficial, las partículas de agregado se clasifican en seis grupos.

- Textura vítrea
- Textura suave
- Textura granular
- Textura rugosa
- Textura cristalina
- Textura alveolar

**Textura vítrea** corresponde a aquellas partículas de agregado en las cuales se presenta fractura conchoidal, tales como el pedernal negro o la escoria vítrea.

**Textura suave** corresponde a aquellas partículas de agregado en las cuales la textura ha sido suavizada por la acción del agua, tales como la grava o el mármol.

**Textura granular** corresponde a aquellas partículas de agregado que muestran en la zona de fractura granos redondeados más o menos uniformes, tales como areniscas.

**Textura rugosa** corresponde a agregados provenientes de rocas fracturadas de agregado fino y medio, las cuales contienen elementos cristalinos no fácilmente visibles tales como el basalto, la felsita y la caliza.



**Textura cristalina** corresponde a aquellas partículas de agregado que presentan constituyentes cristalinos fácilmente visibles, tales como el granito el gabro, el gneiss.

**Textura alveolar** corresponde a aquellas partículas de agregado que presenta poros y cavidades visibles, tales como el ladrillo, la piedra pómez y clinker. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 174 , 175)

### **Clasificación petrográfica**

La clasificación petrográfica de los agregados, de acuerdo a sus rocas originarias, comprende diez grupos:

**Grupo basalto**, el cual incluye las andesitas, basalto, diabasa, porfídica básica, dolerita, epidiorita hornalensa-esquisto, lamprófiro, cuarzo solerita, espilita.

**Grupo granito**, el cual incluye el granito, granodiorita, cuarzo, diorita, gneiss, granulito, pegmatita, sienita.

**Grupo hornfelsa**, el cual incluye rocas de toda clase alteradas por contacto, con excepción del mármol.

**Grupo porfido**, el cual incluye la aplita , dacita , felsita , riolita , granófiro , microgranito , pórfido , cuarzo porfidita , riolita , traquita.

**Grupo pedernal**, el cual incluye el pedernal y el horsteno.

**Grupo gabro**, el cual incluye la dorita básica, gabro, serpentina, peridotito, gneiss básico, hornablenda.

**Grupo arenisca**, el cual incluye el conglomerado, las areniscas, arcosa, brecha, cascajo, tufa.

**Grupo caliza**, el cual incluye la caliza, la dolomita y el mármol.

**Grupo cuarcita**, el cual incluye la arenisca cuarcítica, la cuarcita recristalina, el ganister.

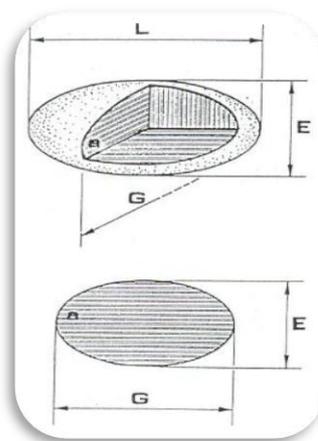
**Grupo esquisto**, el cual incluye el esquisto, la pizarra, la filita y, en general, todas las rocas generalmente cizalladas. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 71)

### **Forma de los agregados**

La forma de los agregados incide en el comportamiento del concreto. La experiencia ha demostrado que aquellos que presentan formas que se acercan a la del cubo, entre los triturados, y a la esfera en el caso de los rodados ofrecen mejor trabajabilidad y en alguna medida mayor durabilidad que aquellos de forma aplanada o alargada.

La menor trabajabilidad del concreto con agregados aplanados o alargados, se encuentra en la mayor superficie con relación al volumen, que origina mayor frotamiento interno.

La forma de los elementos granulares está definida por tres dimensiones, la longitud "L", el grosor "G", y el espesor "E", de manera: (Asociación de productores de cemento, ASOCEM, pág. 01)



**Figura 5:** Dimensiones del agregado

**Fuente:** (Asociación de productores de cemento, ASOCEM)

### **Agregado fino.**

#### **Definición del agregado fino.**

El agregado fino consistirá en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; definiéndosele como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa la malla 3/8" y cumple con los límites establecidos en las normas NTP 400.037 o ASTM C33. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 179)

#### **Granulometría del agregado fino.**

En relación con su granulometría, el agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o ASTM C33. Adicionalmente se tendrá en consideración lo siguiente:

- a. El agregado fino deberá tener una granulometría preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la serie de Taylor.
- b. El agregado fino no deberá tener más del 54% retenido en dos tamices consecutivos; y su módulo de finura no deberá ser menos de 2.3 ni mayor a 3.1. El módulo de finura se mantendrá dentro de más o menos 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto.
- c. Es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los límites de la tabla 3.

Tabla 3. *Análisis granulométrico*

Tamiz	% que Pasa
3/8" (9.50 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95-100
N° 8 (2.36 mm)	80-100
N° 16 (1.18 mm)	50-85
N° 30 (600 µm)	25-60
N° 50 (300 µm)	10-30
N° 100 (150 µm)	2-10

**Fuente:** (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 180)

El agregado fino que no cumple con los requisitos de la tabla nro.3 podrá ser empleado siempre que el vendedor pueda demostrar al comprador, o al ingeniero Proyectista, que un concreto de la clase especificada, preparado con el agregado fino bajo consideración, deberá cumplir con las propiedades deseadas en calidad por lo menos semejante, con la excepción que el agregado fino sea seleccionado de una fuente que tiene un registro deservicios aceptables en construcciones e concreto similares.

El porcentaje indicado en la tabla nro.3 podrá ser reducido a 5% y 0% en las Mallas N° 50 y N° 100 respectivamente, si es empleado en concretos con aire incorporado y un contenido de cemento mayor de  $255 \text{ kg/m}^3$ , o un concreto sin aire incorporado y un contenido de cemento mayor de  $300 \text{ kg/m}^3$ .

Adicionalmente, en relación con su granulometría, el agregado fino deberá:

- a. Contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 a fin de obtener en el concreto adecuada trabajabilidad, ello especialmente en mezclas con pastas pobres.
- b. Tener un máximo de 3% a 5% de material que pasa la Malla N° 200 no se confundirá los finos del agregado con el limo, la marga u otras impurezas indeseables.
- c. Emplear un agregado grueso con poco o ningún material en las Malla N° 4y N° 8 en aquellos casos en que el agregado fino tiene un porcentaje importante en esas mallas, a fin de evitar un concreto áspero, granuloso y de acabado difícil.
- d. Evitar emplear, salvo que las circunstancias del entorno obliguen a ello, como en el caso de la selva baja peruana, agregado excesivamente fino.
- e. Recordar que los límites permisibles para el agregado fino dependen en alguna forma del perfil y características superficiales de las partículas. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 180 , 181).

#### **Partículas inconvenientes.**

La cantidad de sustancias deletéreas o partículas inconvenientes presentes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites, expresados como porcentaje en peso de muestra total.

Tabla 4. *Partículas inconvenientes del agregado fino*

<b>MÁXIMO PORCENTAJE EN PESO LA MUESTRA TOTAL.</b>	
Lentes de arcilla y partículas deleznales.....	3.0%
Material más fino que la malla N° 200.....	3.0%
Concreto sujeto a abrasión.....	3.0%
Todos los concretos.....	5.0%
<b>Carbón y Lignito</b>	
Cuando la apariencia de la superficie es importante.....	0.5 %
Todos los concretos.....	1.0%
<b>Mica.....</b>	
Mica.....	0.0%
Partículas deleznales.....	3.0%

**Fuente:** (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 75)

**Materia orgánica.**

El agregado fino deberá estar libre de cantidades inconvenientes de impurezas orgánicas, no debiéndose indicar presencia de estas cuando se determina de acuerdo con los requisitos de la Norma ASTM C 40 o de la Norma NTP 400.013.

El agregado sometido al ensayo de impurezas orgánicas que produce un color más oscuro que el estándar deberá ser rechazado, correspondiendo el límite de aceptación máximo a una coloración igual o menor a 1.

Si el agregado no cumple con los requisitos de la Norma podrá emplearse, previa autorización de la Supervisión únicamente si:

- a. La coloración en el ensayo se debe a la presencia de partículas muy pequeñas de carbón, lignito, o partículas similares. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 75)

**Materiales reactivos**

El agregado fino a ser empleado en concreto que deberá estar sometido a humedecimiento, exposición prolongada a atmosferas húmedas, o en contacto con suelos húmedos, no deberá contener ningún material que pueda ser peligrosamente reactivo con los álcalis presentes en el cemento, en una cantidad suficiente como para causar expansión excesiva del mortero o concreto. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014), pág. 75

**Estabilidad de volumen (durabilidad)**

El agregado fino sujeto a cinco ciclos del ensayo de estabilidad de volumen deberá tener una pérdida promedio en peso no mayor del 10% cuando se emplea sulfato de sodio, ni mayor del 15% cuando se emplea sulfato de magnesio.

El agregado fino que falle en cumplir los requerimientos del acápite anterior podría ser aceptado siempre que un concreto de propiedades comprobables, preparado con agregados similares de la misma fuente, haya dado un servicio satisfactorio cuando ha estado expuesto a condiciones de intemperismo similares a aquellas que se espera.

El agregado fino que no tenga un registro de servicios demostrable y falle en cumplir con los requisitos indicados en el primer acápite podrá ser aceptado siempre que de resultados



satisfactorios en concretos sometidos al ensayo de congelación y deshielo, de acuerdo a la Norma ASTM C 666. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 75)

### **Agregado grueso.**

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y que cumple con los límites establecidos de las Norma 400.037. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 75)

### **Características de las partículas**

El agregado grueso podrá consistir de partículas de roca partida, grava natural o triturada, o agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos o pesados podrá ser natural o artificial.

El agregado grueso estará conformado por fragmentos cuyo perfil será preferentemente rugosa y libres de material escamoso, materia orgánica, partículas landas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, sales u otras sustancias dañinas. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 75)

### **Granulometría**

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites establecidos para mallas de la serie Tyler.

La granulometría seleccionada deberá preferentemente ser continua y permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% el agregado retenido en malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4"

En relación con su granulometría el agregado grueso deberá:

- Estar graduado dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o ASTM C-33.
- Tener una granulometría presentemente continua



- Permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% el agregado retenido en malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".
- Si se emplea una combinación de dos o más tamaños de agregado grueso, cada uno de ellos, así como la combinación de los mismos, deberá cumplir con los requisitos de granulometría indicados. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, págs. 75 , 76)

### **Tamaño máximo**

De acuerdo a la norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 76)

### **Tamaño máximo nominal**

De acuerdo a la Norma NTPP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 76)

La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño. Por ejemplo, el agregado de número de tamaño 67 tiene un tamaño máximo de 25 mm y un tamaño máximo nominal de 19 mm. De 90% a 100% de este agregado debe pasar la malla de 19 mm y todas sus partículas deberán pasar la malla de 25 mm. El tamaño máximo del agregado que puede ser empleado depende generalmente del tamaño y forma del elemento de concreto y de la cantidad y distribución del acero de refuerzo. Por lo común el tamaño máximo de las partículas de agregado no debe sobrepasar:

1. Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
2. Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.
3. Un tercio del peralte de las losas.

Estos requisitos se pueden rebasar si, en opinión del ingeniero, la mezcla tiene la trabajabilidad suficiente para colocar el concreto sin que se formen alveolados ni vacíos.

(Abraham Polanco Rodriguez , Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto., pág. 22)

### Partículas perjudiciales.

Las partículas perjudiciales presentes en el agregado no deberán exceder de los siguientes valores:

Tabla 5. Límites de partículas perjudiciales del agregado grueso

LÍMITES DE PARTÍCULAS PERJUDICIALES	
-Arcilla .....	0.25%
-Partículas blandas.....	5.00%
-Material más fino que la Malla N° 200.....	3.00%
-Carbón y Lignito:	
a. Cuando el acabado superficial es de importancia.....	0.50%
b. Otros concretos.....	1.00%

Fuente: (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 76)

El agregado cuyos límites de partículas superficiales excedan a los indicados , podrá ser aceptado siempre que un concreto , preparado con agregados de la misma fuente , haya cumplido con los requisitos especificados o , en ausencia de un registro de servicios , tenga características satisfactorias cuando es ensayado n el laboratorio. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 76)

### Erosión y abrasión.

En la mayoría de las Normas sobre agregados a nivel internacional se establecen pruebas de desgaste o abrasión , siendo la más generalizada el denominado Ensayo de los Ángeles , el cual fundamentalmente consiste en colocar una muestra de agregado con granulometría con un numero de bolas de acero , aplicando al tambor un numero dado de vueltas.

El ensayo de los Ángeles está normalizada por el ASTM , existiendo dos métodos de ensayo que corresponden a agregados gruesos mayores de  $\frac{3}{4}$ " , que comprenden tamaños hasta de 3" y para agregados menores de  $1\frac{1}{2}$ " . El ASTM clasifica a estas normas como c- 535 y c131. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 77)



### **Agregado integral u hormigón**

El agregado integral que es denominado usualmente como hormigón en el Perú corresponde a una mezcla natural, en proporciones arbitrarias, de agregados fino y grava. Puede proceder de río o de cantera. Su granulometría deberá estar comprendida entre el material retenido en la malla N° 200 como mínimo y el que pase la malla 2" como máximo. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 77)

### **Características del hormigón**

El hormigón deberá estar libre e cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis materia orgánica, u otras sustancias dañinas para el concreto. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 78)

### **Recomendaciones de empleo**

Solo podrá emplearse en la preparación de los concretos simples o concretos armados con resistencia en compresión no mayores de  $175 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días. En la mezcla el contenido mínimo de cemento será de  $255 \text{ kg/m}^3$  y la relación agua / cemento máxima de 0.7.

Siempre deberá efectuarse un análisis granulométrico a fin de determinar la proporción de agregado fino y grueso presentes en el agregado hormigón. Nunca se empleara hormigón origen marino.

La mayoría de las Normas Internacionales no recomiendan el empleo del hormigón como agregado, e inclusive algunas (caso ACI) ni lo mencionan; sin embargo, en el Perú se viene empleando en construcciones informales para los niveles de resistencia indicados, con resultados muy aceptables. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 78)

### **Limitaciones de empleo**

Nunca se empleará hormigón de origen marino .Es recomendable que el hormigón solamente sea empleado en la elaboración de concretos en los que la resistencia a la compresión de diseño no sea mayor de  $175 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días .El contenido mínimo de cemento portland tipo I será de  $255 \text{ kg/m}^3$  y el de cemento Portland puzolánico Tipo IP de  $300 \text{ kg/m}^3$ .

En lo pertinente se seguirán para el hormigón las recomendaciones correspondientes a los agregados fino y grueso .Se evitara la contaminación del hormigón con materiales que podrían originar cambios en el comportamiento de la mezcla.

La mayoría de las Normas Internacionales no recomiendan el empleo del hormigón como agregado e inclusive algunas (caso del ACI) ni lo mencionan ; sin embargo , en el Perú se viene empleando en construcciones informales para los niveles de resistencia indicados , con resultaos muy aceptables. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 78)

### **Propiedades del agregado**

#### **Propiedades físicas**

##### **➤ Granulometría**

Se define como granulometría de un agregado a la distribución por tamaños de las partículas, la que se logra por separación mediante el empleo de tamices de aberturas determinadas. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 72) , pág. 72

El agregado comprende del 65% al 80% del volumen unitario del concreto. En razón de su Importancia en el volumen de la mezcla la granulometría seleccionada para los agregados fino y grueso deberá permitir obtener en las mezclas una máxima densidad, con una adecuada trabajabilidad y características de acabado del concreto fresco y con obtención de las propiedades deseadas en el concreto endurecido (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 162)

#### **Formas de determinación**

La distribución de las partículas por tamaños se determina por análisis mecánico vibrando el material a través de una serie de tamices de aberturas cuadradas.

Normalmente los tamices empleados tienen una abertura doble del que le sigue en la serie. La muestra debe ser representativa del conjunto del agregado.

Los datos obtenidos se registran en forma tabulada incluyendo:

- Peso retenido en cada tamiz
- Porcentaje retenido en cada tamiz
- Porcentaje acumulado retenido o que pasa cada tamiz.

### Curva granulométrica

La curva granulométrica es una excelente ayuda para mostrar la granulometría de los agregados individuales y combinados.

Los puntos que representan los resultados de un análisis son unidos para formar la «curva granulométrica» del agregado ensayado. Si se ha planteado una «Granulometría ideal» para el proyecto, la curva obtenida puede aproximarse a la ideal empleando porcentajes de prueba de las granulometrías ideales incluidas. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 163)

#### ➤ Módulo de fineza

El módulo de fineza es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado.

El módulo de finura es un parámetro que se obtiene de la suma de porcentajes retenidos acumulados de los tamices estándares divididos entre 100. (Norma Técnica Peruana 400.037, 2000).

Diferentes granulometrías de agregados pueden tener igual módulo de finura.

#### Ecuación 2. Módulo de fineza

$$MF = \Sigma \% \text{ Retenido acumulado} / 100$$

Fuente: (Norma Técnica Peruana 400.037, 2000)

#### Aplicaciones y límites del módulo de fineza

El módulo de fineza usualmente se determina para el agregado fino, pero el conocimiento del módulo de fineza del agregado grueso puede ser necesario para la aplicación de algunos métodos de proporcionamiento de mezclas.

El módulo de fineza sirve como una medida del valor lubricante de un agregado, dado que cuanto mayor es su valor menor será el valor lubricante y la demanda de agua por área superficial.

Pudiendo obtenerse con diferentes granulometrías el mismo módulo de fineza, éste no deberá emplearse para definir la granulometría de un agregado. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 166 , 167)

➤ **Densidad del agregado**

La densidad de los agregados depende tanto de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como la porosidad del material mismo .La densidad de los agregados es de especial importancia en todos aquellos casos en que, por resistencia o durabilidad , se requieren concretos con un peso por encima o debajo de aquel que corresponde a concretos usuales. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 137)

➤ **Porosidad del agregado**

La palabra " poro " define al espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado .Se considera a la porosidad como a una de las más importantes propiedades físicas del agregado, dada su influencia sobre las otras propiedades de este y el papel que desempeña durante los procesos de congelación. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 137 , 138)

Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas. No hay un método estándar en ASTM para evaluarla, sin embargo existen varias formas de determinación por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera indirecta de estimarla es mediante la determinación de la absorción, que da un orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que como hemos indicado en el párrafo anterior, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas. Los valores usuales en agregados normales pueden oscilar entre 0 y 15% aunque por lo general el rango común es del 1 al 5%. En agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15 al 50%. (Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1998-1999, pág. 77)

**Importancia de la porosidad**

La porosidad del agregado tiene influencia sobre la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción m



la facilidad de drenaje, el área superficial interna de las partículas, y la porción de su volumen de masa ocupado por materia sólida.

### **Influencia de la porosidad sobre las propiedades**

La velocidad de la reacción química de los agregados en el concreto, así como su estabilidad química, están influenciadas por las características de su porosidad. Los agregados que tiene alto porcentaje de poros, especialmente si éstos son pequeños, tienen una mayor superficie específica susceptible de ataques químicos que aquella que pueden presentar agregados en los que hay un menor superficie de poros o éstos son de gran tamaño.

Las características térmicas del agregado están influenciadas por la porosidad. Cambios importantes en el coeficiente de expansión, la difusividad y la conductividad del agregado pueden ocurrir por modificaciones del contenido de humedad del mismo. En la actualidad se considera que las características de los poros probablemente influyen en las propiedades térmicas del agregado seco.

La adherencia de la pasta a las partículas del agregado está determinada por algunas propiedades de la superficie del mismo incluidas la rugosidad y características de los poros de la zona superficial, las cuales pueden afectar la textura superficial y bondad de la adherencia de la pasta.

La influencia de la porosidad del agregado sobre la resistencia de éste a los procesos de congelación es muy importante. Para que ocurra daño en las partículas deberán estar presentes condiciones críticas de contenido de humedad y falta de drenaje adecuado. El tamaño y continuidad de los poros controla la velocidad y magnitud de la absorción, así como la velocidad con la cual el agua puede escapar de las partículas del agregado. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 137, 138, 139).

#### **➤ Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas. La humedad se expresa de la siguiente manera según ASTM C-566.

**Ecuación 3 : Porcentaje de humedad**

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

**Fuente:** (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000)

**➤ Humedad superficial**

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

**➤ Peso unitario**

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesado y en el caso de dosificarse el concreto por volumen.

El peso unitario está influenciado por:

- Su gravedad específica
- Su granulometría
- Su perfil y textura superficial
- Su condición de humedad
- Su grado de compactación de masa.

Los agregados redondeados de textura suavizada tienen, generalmente, un peso unitario más alto que las partículas de perfil angular y textura rugosa, de la misma composición mineralógica y granulometría. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 152 , 153)

La Norma ASTM C-29, define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas. El valor obtenido, es el que se emplea

en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. En este último caso hay que tener en cuenta que estas conversiones asumen que el material en estado natural tiene el peso unitario obtenido en la prueba estándar, lo cual no es cierto por las características de compactación indicadas. Algunas personas aplican el mismo ensayo pero sin compactar el agregado para determinar el "peso unitario suelto", sin embargo este valor tampoco es necesariamente el del material en cancha, por lo que se introducen también errores al hacer conversiones de diseños en peso a volumen. La mejor recomendación para reducir el error aludido, es hacer por lo menos 5 determinaciones de peso unitario suelto en porciones de muestras de agregados que representen varios niveles de las pilas de almacenaje para reflejar las probables variaciones por segregación. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1,500 y 1,700 kg/m<sup>3</sup>. (Orlando, 2003, págs. 65 , 67)

### **Importancia**

A partir del conocimiento del peso unitario del agregado se puede:

- a) Calcular el contenido de vacíos.
- b) Clasificar a los agregados en livianos, normales y pesados.
- c) Tener una medida de la uniformidad del agregado.

### ➤ **Módulo de elasticidad**

El módulo de elasticidad es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la determinación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

El módulo de elasticidad de los agregados se determinan en muy contadas ocasiones .Sin embargo, desde que la deformación que experimenta el concreto es, parcialmente, una deformación del agregado, es razonable pensar que mayor será el módulo de elasticidad del concreto conforme aumenta el de los agregados que lo integran.

Algunos de los valores del módulo de elasticidad del agregado normalmente empleados en concreto son los siguientes:

**Tabla 6.** *Elasticidad de agregados empleados en el concreto*

Roca Trapeana.....	930,000 kg/cm <sup>2</sup>
Gabro.....	860, 000 kg/cm <sup>2</sup>
Diabasa.....	860,000 kg/cm <sup>2</sup>
Granito.....	610,000 kg/cm <sup>2</sup>
Arenisca.....	310,000 kg/cm <sup>2</sup>
Caliza.....	280, 000 kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000) pág. 141

### ➤ **Peso específico**

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las Normas ASTM C-127 y C-128 establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación.

Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 kg/m<sup>3</sup>. (Orlando, 2003, págs. 42 , 43 ).

### **Objetivo:**

- Determinar la densidad y el porcentaje de humedad de los agregados (gruesos y finos) a partir del peso húmedo de los agregados.
- Calcular la densidad y el porcentaje de humedad de una cierta muestra de agregado para saber si cumple los requerimientos para la elaboración del diseño de mezcla.
- Conocer la importancia y cómo influye la densidad y la absorción que tienen los agregados en una mezcla de concreto.

### **Cálculo de peso específico seco:**

- Peso Específico De Masa (Pem)

**Ecuación 4**

Peso específico de la masa

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

Dónde:

A= Peso de la muestra seca en el aire, gramos.

B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos

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

- Peso Específico De Masa Saturada Con Superficie Seca (PESSS)

**Ecuación 5**

Peso específico de masa saturada con superficie seca

$$P_{esss} = \frac{B}{B - C}$$

- Peso Específico Aparente (Pea)

**Ecuación 6**

Peso específico aparente

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C}$$

**➤ Porcentaje de vacíos**

Es la medida del volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. La misma norma ASTM C-29 indicada anteriormente establece la fórmula para calcularlo, empleando los valores de peso específico y peso unitario estándar:

**Ecuación 7**

Porcentaje de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = \frac{S - M}{S}$$



Donde:

S=Peso específico

W=Densidad del agua

M=Peso unitario compactado

### ➤ **Absorción**

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias (Rivera J. , Conceptos sobre tecnología del concreto , 2009, pág. 63).

Las normas ASTM C-127 y C 128 establecen la metodología para su determinación expresada en la siguiente fórmula:

**Ecuación 8**  
Porcentaje de absorción

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

### ➤ **Condiciones de saturación**

Se puede tener condiciones de saturación de una partícula ideal de agregado, partiendo de la condición seca hasta cuando tiene humedad superficial.

### **Propiedades mecánicas**

#### ➤ **Resistencia del agregado**

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

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

- Agregados normales con peso específico entre 2.5 a 2.7 , tienen resistencias en compresión del orden de 750 a 1,200 kg/ cm<sup>2</sup>
- Agregados ligeros con peso específico entre 1.6 a 2.5 usualmente manifiestan resistencias de 200 a 750 kg/ cm<sup>2</sup>. (Pasquel Carbajal, *Temas de Tecnología del concreto en el Perú, 1998-1999*), pág. 78
- La textura, estructura y composición de las partículas de agregado influyen sobre la resistencia de éste, la cual disminuye si sus granos constituyentes no están bien cementados unos a otros o si están compuestos de partículas inherentemente débiles.
- La resistencia a la trituración de las principales rocas empleadas en construcción civil es:

**Tabla 7.** Resistencia a la trituración de las principales rocas empleadas en construcción civil

• Felsita.....	3300 kg/cm <sup>2</sup>
• Roca Trapeana.....	2850 kg/cm <sup>2</sup>
• Cuarzita.....	2250 kg/cm <sup>2</sup>
• Granito.....	1850 kg/cm <sup>2</sup>
• Diabajas.....	1800 kg/cm <sup>2</sup>
• Esquisto.....	1700 kg/cm <sup>2</sup>
• Caliza.....	1600 kg/cm <sup>2</sup>
• Gneiss.....	1500 kg/cm <sup>2</sup>
• Gabro.....	1500 kg/cm <sup>2</sup>
• Arenisca.....	1300 kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** (Rivva López, *Naturaleza y materiales para el concreto, 2000*)

### **Determinación de la resistencia del agregado**

Es difícil determinar la resistencia del agregado en sí mismo. La información se obtiene a partir de la resistencia a la trituración de las muestras, debidamente preparadas, de la roca originaria o de ensayos de comportamiento del agregado en el concreto.

Un modo indirecto consiste en preparar mezclas de concreto con el agregado cuya resistencia se desea determinar, las cuales tienen las mismas proporciones que otras en las cuales se ha empleado agregado de resistencia conocida y determinar su resistencia, Si se obtiene una resistencia menor y si muchas partículas de agregado aparecen fracturadas, puede deducirse que la resistencia del agregado es menor que la resistencia compresiva nominal de la mezcla en la que el agregado es empleado. (Rivva López, *Naturaleza y materiales para el concreto, 2000*)



➤ **Tenacidad del agregado**

Se denomina así en general a la resistencia al impacto.

Está relacionada con la sollicitación en flexión que en compresión, así como angularidad y aspereza de la superficie.

Tiene trascendencia en las propiedades del concreto ante impactos, que son importantes en términos prácticos, al momento de evaluar las dificultades en el procesamiento por chancado del material .Su estimación es más cualitativa que cuantitativa. (Pasquel Carbajal, Topicos de Tecnologia del concreto en el Peru, 1998-1999, pág. 78)

➤ **Dureza del agregado**

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

En los agregados para concreto se cuantifica por medio de la resistencia a la abrasión en la Maquina de Los Ángeles, que consta de un cilindro metálico donde se introduce el agregado conjuntamente con 12 esferas de acero de 46.8 mm de diámetro y entre 390 y 45 gr de peso cada una, con peso total de  $5,000 \pm 25$ gr, haciéndose girar el conjunto un cierto número de revoluciones (100 o 500) que provocan el roce entre partículas , y de las esferas sobre la muestra provocando el desprendimiento superficial de material el cual se mide y expresa en porcentaje .Las normas ASTM aplicables son la C-131 Y C 535 .

Agregados con altos valores de desgaste a la abrasión (>50%) producen concretos con características resistentes inadecuadas en la mayoría de casos. (Pasquel Carbajal, Topicos de Tecnologia del concreto en el Peru, 1998-1999, pág. 79)

La dureza se clasifica de acuerdo a la escala de Morh, teniendo los valores más altos los piroxenos, anfíboles, vidrios volcánicos, feldespato y cuarzo. Por su dureza son recomendables en concreto el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las silicosas.

Los agregados de dureza baja pueden incrementar los requerimientos de agua con modificaciones de la relación agua / cemento y disminución de la resistencia al aumentar



la cantidad de finos de la mezcla por destrucción durante el mezclado. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 98)

#### ➤ **Adherencia del agregado**

La adherencia del agregado es una característica importante porque la resistencia y durabilidad de estos concretos dependen en gran parte del aglutinamiento del agregado con el material cementante (pasta de cemento o asfalto.).

La capacidad de adherencia entre la pasta y el agregado está influenciada por la textura superficial composición mineral, tamaño, perfil y limpieza del agregado.

La adherencia entre la pasta y el agregado, si las condiciones de éste son adecuadas y la pasta es de buena calidad, tiende a estar por encima de los límites de la resistencia que pueden ser obtenidas por un conjunto determinado de materiales. (Rivva López, Materiales para el Concreto, 2014, pág. 102)

#### **Propiedades químicas**

##### ➤ **Reacción álcali-sílice**

El Óxido de Sodio y el Óxido de Potasio que constituyen los Álcalis en el cemento, ciertas cantidades y en presencia de condiciones particulares de temperatura y humedad, pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo.

Normalmente se requieren contenidos de álcalis evaluados como  $(Na_2O+0.658 K_2O)$  que sean superiores a 0.6%, temperaturas ambiente del orden de 30 °C, humedades relativas de alrededor del 80% y un tiempo por lo general no menor de 5 años para que se evidencie la reacción.

Existen tres pruebas de laboratorio estandarizadas definidas en ASTM C-289, ASTM C-227, ASTM C-295 que permiten obtener información para calificar el agregado desde el punto de vista de la reactividad.

La Norma ASTM C-289 Consiste en someter una muestra de agregado, a la acción de una solución de Hidróxido de Sodio durante un periodo de 24 Horas a una temperatura de 80 °C dentro de una capsula de platino, para medir luego el Sílice disuelto.



### ➤ **Reacción álcali-carbonato**

El ensayo estándar ASTM C-586 "Método de ensayo estándar para la reactividad alcalina potencial de las rocas carbonatadas como agregados de concreto (método del cilindro de roca "; sirve para evaluar la reactividad potencial, consistente en someter un testigo cilíndrico de la roca en cuestión, de 10mm de diámetro y 35 mm de altura, a la agresión de una solución de Hidróxido de Sodio a temperatura ambiente durante 24 horas, midiéndose el cambio en longitud durante este periodo con una precisión de 0.0025 .si las expresiones superan el 0.10 % es indicativo de reactividad. (Pasquel Carbajal, Topics de Tecnologia del concreto en el Peru, 1998-1999, pág. 84)

### **Control de calidad**

El propósito principal del control de calidad el agregado es asegurar un material uniforme que cumpla con los requerimientos de las especificaciones de obra durante la producción del concreto.

Si la cantera seleccionada o álveo ha sido muestreada y ensayada y el material cumple con los requisitos de las especificaciones de obra, el control de calidad se aplica a aquellas propiedades del agregado que podrían ser afectadas por el procesamiento.

Es recomendable verificar periódicamente otras propiedades tales como composición del mineral, contenido de ion cloruro, peso específico, etc., afín de determinar posibles cambios en la cantera. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, pág. 190)

### **Almacenamiento de los agregados**

El almacenamiento de los agregados deberá garantizar continuidad para la fabricación del concreto, evitándose lo siguiente:

- La mezcla de agregados de origen y tamaño diferentes.
- La segregación.
- La contaminación con sustancias perjudiciales.
- Variaciones en el contenido de humedad. (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 80)



Los agregados en proceso de deterioro o contaminación no deberán ser empleados en el almacenamiento en obra de agregados de buena calidad deberán tomarse las siguientes precauciones:

- a) Se almacenaran en pilas o silos de manera de impedir la segregación del mismo, su contaminación con otros materiales, o su mezclado con agregados de características diferentes.
- b) No se empleara agregados total o parcialmente congelados, debiendo evitarse esta condición durante el almacenamiento.
- c) La zona de almacenamiento deberá ser lo suficiente extensa y accesible para facilitar su acomodo y traslado al sitio de mezclado. Las pilas de agregado se forman en capas horizontales o ligeramente ataludadas de no más de un metro de espesor .El agregado se dejara drenar a fin de obtener un contenido de humedad relativamente uniforme antes de utilización. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000, págs. 192 , 193)

### **Muestreo de los agregados**

En el proceso de control de la calidad del concreto la toma de muestras de los agregados constituye una operación de primera importancia.

El muestreo de los agregados se efectuará de acuerdo con los métodos que a continuación se señala, excepto si otro procedimiento es indicado en las especificaciones:

- El agregado se muestrea de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM DE 75 ó la Norma NTP 400.010
- La frecuencia de la toma de muestra se efectuará de acuerdo a lo indicado en las especificaciones del proyecto o lo indicado por la supervisión.

Según la Norma NTP 400.010 se tiene lo siguientes tipo de muestreo:

### **Muestreo de flujos de corriente de agregados**

Se obtendrá por lo menos 3 incrementos iguales, seleccionados al azar de la unidad que está siendo muestreada y combinarlos para formar una muestra cuya masa iguale o exceda lo mínimo recomendado en la tabla nro. 9. Tomar cada incremento a través de toda la sección del elemento de descarga. Es necesario contar con un dispositivo especial para

ser utilizado en cada planta en particular. Este dispositivo consistirá en un recogedor de medida suficiente para interceptar la sección transversal del chorro de descarga para retener la cantidad requerida de material sin derramar. Un conjunto de rieles podrán ser necesarios para servir como guía al recogedor mientras pasa por el chorro de descarga.

Hasta donde sea posible, mantener el depósito continuamente lleno o casi lleno para reducir la segregación.

### **Muestreo de depósitos o unidades de transporte:**

De ser posible evitar este tipo de muestreo, particularmente para la determinación de las propiedades del agregado que puedan ser dependientes de su granulometría. Si las circunstancias hacen necesario realizar este tipo de muestreo, designar un plan de muestreo para este caso, aceptado por todas las partes involucradas; esto permitirá a la entidad que realiza el muestreo el uso de un plan que le dará confianza de los resultados obtenidos.

### **Número de muestras**

Tabla 8. *Medida de muestras*

<b>Tamaño máximo nominal del agregado (mm)</b>	<b>Masa mínima aproximada para la muestra de campo (kg)</b>
<b>AGREGADO FINO</b>	
No. 8 (2.36 mm)	10 Kg. (25 lb.)
No. 4 (4.75 mm)	10 Kg. (25 lb.)
<b>AGREGADO GRUESO</b>	
3/8" (9.5 mm)	10 Kg. (25 lb.)
1/2" (12.5 mm)	15 Kg. (35 lb.)
3/4" (19.0 mm)	25 Kg. (55 lb.)
1" (25.0 mm)	50 Kg. (110 lb.)
1 1/2" (37.5 mm)	75 Kg. (165 lb.)
2" (50 mm)	100 Kg. (220 lb.)
2 1/2" (63 mm)	125 Kg. (275 lb.)
3" (75 mm)	150 Kg. (330 lb.)
3 1/2" (90 mm)	175 Kg. (385 lb.)

**Fuente:** (Norma Técnica Peruana, Extracción y Preparación de las Muestras (400.010), 2001, pág. 5)

### **Envío de las muestras**

El recipiente en que se emita la muestra de agregado al laboratorio deberá estar completamente limpio a, fin de evitar contaminación del material y desviación en los resultados .El recipiente deberá se impermeable para prevenir perdida de finos o de humedad, o contaminación.



**Figura 6.** Envío de muestras

**Fuente:** Elaboración Propia

La muestra deberá ser debidamente identificada; incluyéndose clases y procedencia del agregado; cantidad representada por la muestra; ubicación y otras condiciones de muestreo, remitente y razón e ensayo y clases de ensayos deseadas. (Rivva López, Naturaleza y materiales para el concreto, 2000) pág.196



**Figura 7.** Identificación de las muestras

**Fuente:** Elaboración Propia



### 2.2.5 Agua

El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr:

- a. La formación del gel
- b. Permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que:
  - En estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma
  - En estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

#### **El agua de mezcla (norma NTP 334.090)**

El agua de mezcla en la pasta tiene tres funciones principales:

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

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

La norma NTP 339 088 considera apta para el amasado y/o curado de concretos y morteros, el agua cuyas propiedades y contenido en sustancias disueltas estén comprendidas dentro de los límites siguientes:

El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 Mg. /1 (3ppm).

El contenido de residuo sólido no será mayor de 5 g/1 5,000ppm).

El pH estará comprendido entre 5,5 y 8.

El contenido de sulfatos, expresado en ion SO<sub>4</sub> será menor de (600ppm)

El contenido de cloruros, expresado en ion Cl, será menor de 1 g/11,000ppm).

El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en NaHCO<sub>3</sub> será mayor de 1 g/1 (1,000ppm).



Como requisito opcional considera que si la variación de color es una característica que se desea controlar, el contenido de fierro, expresado en ion férrico, será de una parte por millón (1ppm) (Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1998, págs. 59 , 60 )

### **El agua para curado**

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado de la pasta. No obstante lo mencionado, si revisamos lo ya evaluado con respecto al mecanismo de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir, que el agua adicional que puede contribuir a hidratar la pasta proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total (alrededor de la quinta parte en volumen absoluto), por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso del agua de mezcla, pudiendo aceptarse reducirlas a la mitad en la mayoría de los casos.

Otro factor que incide en esta consideración es que el agua de curado permanece relativamente poco tiempo en contacto con la pasta, pues en la mayoría de especificaciones el tiempo máximo exigido para el curado con agua no supera los 14 días. Una precaución en relación al curado con agua en obra empleando el método usual de las "arroceras", es decir creando estancamiento de agua colocando arena o tierra en los bordes del elemento horizontal, consiste en que hay que asegurarse que estos materiales no tengan contaminaciones importantes de sales agresivas como cloruros o sulfatos, que entrarían en solución y podrían ocasionar efectos locales perjudiciales, si por falta de precaución o descuido permanecen en contacto con la pasta durante mucho tiempo.

El agua de lavado de mixers o mezcladoras, puede emplearse normalmente sin problemas en el curado de la pasta, siempre que no tengan muchos sólidos en suspensión, ya que en algunos casos se crean costras de cemento sobre las superficies curadas, sobre todo cuando el agua proviene del lavado de equipo donde se han preparado mezclas ricas en cemento y se ha empleado poca agua en esta labor (Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1998, pág. 65)



### 2.2.6 Diseño de mezclas

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.

Se debe precisar que el objeto del diseño de mezcla no es llegar a obtener un valor de  $f'c$ , pues dicho parámetro sólo es una de las propiedades del concreto, luego no hay que perder de vista qué cosa deseamos del resto del comportamiento del concreto, y como podemos lograrlo, ya que normalmente la resistencia en compresión es lo más simple de obtener, pero no nos garantiza el resto.

Finalmente en la etapa de diseño de mezclas de concreto antes que el fin de un proceso, representa sólo el inicio de la búsqueda de la mezcla más adecuada para el caso particular que abordemos, y ninguno de los métodos que se utiliza puede soslayar la prueba definitiva que supone el empleo de los diseños en condiciones reales y su optimización. (Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1998-1999, pág. 172)

#### **Parámetros básicos de los métodos de diseño de mezclas de concreto.**

##### **a) el principio de los volúmenes absolutos.**

Todos los métodos de diseño de mezclas exactos, se basan en el principio de considerar en el cálculo, los volúmenes de los componentes sin incluir los vacíos entre ellos, de manera que sumados conjuntamente con aire que atrapa el concreto suministren la unidad de medida que se esté adoptando, que usualmente es  $1\text{m}^3$ .

En consecuencia, se trabaja en los cálculos con el peso específico de los sólidos, también llamado gravedad específica o peso específico de masa sea en condición seca o saturada superficialmente seca, para obtener los volúmenes sólidos de los componentes de modo de dosificarlos adecuadamente para lograr la unidad volumétrica de medida. (Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1998-1999, pág. 173)

**b) la resistencia en compresión y la relación agua / cemento.**

La resistencia en compresión es un requisito fundamental que emana del proyecto estructural, donde un parámetro ineludible en el diseño de mezclas es la relación agua / cemento, el cual este parámetro regula dicho comportamiento.

En ciertas ocasiones, las condiciones de durabilidad de las estructuras de concreto por circunstancias de exposición y agresividad extrema al medio ambiente y las características de operatividad o uso, motivan que independientemente del  $f'_{cr}$  que ya conocemos, se deba asumir una relación agua / cemento muy baja que optimice la impermeabilidad, la resistencia a la abrasión y el desgaste, la resistencia a la agresión química, etc. que estará asociada consecuentemente a una resistencia en compresión generalmente superior a la necesaria por requerimientos estructurales. (Pasquel Carbajal, *Temas de Tecnología del concreto en el Perú, 1998-1999*, págs. 174, 175)

**c) La granulometría de los agregados y el tamaño máximo de la piedra.**

Se considera criterio de utilizar las granulometrías o gradaciones de agregados que provean el mejor acomodo entre las partículas creando una estructura muy densa, resistente e impermeable y favoreciendo la trabajabilidad.

Existen una gran variedad de opciones en cuanto a cómo evaluar dichas gradaciones y como combinarlas, que dependen de la mayor o menor trabajabilidad que se le asigne al sustento técnico de cada una, por lo que esta etapa es la que diferencia un método de diseño de otro.

No se pueden establecer criterios absolutos, pero sin embargo, casi todos usan el concepto de Módulo de fineza, con lo que constituye un parámetro que siempre está ligado de alguna manera al diseño.

Dentro de la granulometría, un factor importante, es el tamaño máximo del agregado y su forma. Está justificado experimentalmente que este factor influye en la cantidad de agua que requiere la mezcla para satisfacer condiciones de trabajabilidad, y así cuanto mayor sea el tamaño del agregado y más redondeado, menor será el requerimiento de agua.

Esto se explica con mayor claridad con el concepto de superficie específica, que representa el área superficial promedio de las partículas del agregado. (Pasquel Carbajal, *Temas de Tecnología del concreto en el Perú, 1998-1999*, págs. 177, 180)

**d) 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.

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.

Finalmente, en relación a los parámetros básicos y las tablas recomendadas hay que tener presente que los diseños de mezcla lo hacemos inicialmente asumiendo que las condiciones de temperatura y humedad son las estándar (20°C, 70% de Humedad relativa), lo cual difiere por lo general de las condiciones reales, por lo que no deben perderse de vista nunca estos factores al diseñar y evaluar un diseño de mezcla, ya que pueden trastornar nuestras premisas y resultados. (Pasquel Carbajal, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, 1998-1999, págs. 180 , 181)

**Diseño de mezclas de concreto por método ACI 211.1**

El comité 211.1 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple.

Por otro lado, por motivos de simplificación no evalúa la granulometría integral de la mezcla de agregados, asumiendo que los valores empíricos de agregado grueso en función de Módulo de Fineza de la arena cubren todas las posibilidades, lo cual no es cierto en la práctica pues no distingue entre agregados y redondeados ni entre zarandeados y chancados, ni entre densos y porosos.

La única variante desde sus aparición original ha sido admitir la posibilidad de modificar el contenido de piedra en  $\pm 10\%$  dependiendo de la mayor o menor trabajabilidad que se desee a criterio del que diseña.

Es usual que las características de obra establezcan 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 o la utilización de tipos especiales de cementos o agregados.
- (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 90)

### **Paso 1: Determinación de la resistencia de diseño.**

El concreto debe dosificarse y producirse para lograr una Resistencia de diseño  $f'_c$  dada por el calculista. Dada la variabilidad del concreto por la cantidad de parámetros que se involucra en su fabricación, es necesario dosificarlo para una resistencia  $f'_{cr}$  mayor que la  $f'_c$  especificada.

El comité ACI 3318-99 muestra tres posibles casos que se podrían presentar al tratar de calcular la resistencia  $f'_{cr}$ .

1. Si se contaran con datos estadísticos de producción en obra así como resultados de la rotura de probetas.

En este caso, se utilizará las siguientes fórmulas para calcular  $f'_{cr}$

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

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

De ambos resultados se escogerá el mayor valor de las fórmulas, siendo este el  $f'_{cr}$  requerido con el cual vamos a diseñar.

2. Si no se cuenta con suficientes datos estadísticos entre 15 y 30 resultados, se utilizarán las fórmulas anteriores, donde el valor de  $D_s$  se amplificará por un factor a la siguiente tabla:

Tabla 9. Factor de corrección caso 2

Nro. de ENSAYOS	FACTOR DE CORRECCIÓN
Menos de 15	Usar reglamento
15	1.16
20	1.08
25	2.03
30	1.00

Fuente: (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 45)

Entonces para calcular  $f'_{cr}$  tendremos:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34(\sigma D_s)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33(\sigma D_s) - 35$$

$\sigma$ : Desviación estándar

3. Si se cuenta con escasos (menos de 5 ensayos ) o ningún dato estadístico

Para este caso el Comité ACI nos indica aplicar la siguiente tabla para determinar  $f'_{cr}$ :

Tabla 10. Resistencia a la compresión promedio

F <sup>2</sup> C	F <sup>2</sup> CR
Menos de 210	F <sup>2</sup> c +70
210 a 350	F <sup>2</sup> c +84
Sobre 350	F <sup>2</sup> c +98

Fuente: (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 46)

### Paso 2: Selección del tamaño máximo nominal del agregado.

- En la selección del tamaño máximo del agregado grueso, se deberá tener en consideración que el concreto deberá ser colocado sin dificultad en los encofrados y que en todos los lugares de ellos, especialmente esquinas y ángulos, espacio entre barras, ductos y elementos embebidos, secciones altamente reforzadas, y paredes de encofrados, no deberán quedar espacios vacíos ni cangrejeras.
- Las normas de diseño estructural recomiendan que el tamaño máximo del agregado grueso sea el mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. Se considera que , en ningún caso, el tamaño máximo nominal del agregado grueso deberá exceder de los siguientes valores:

- a) Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- b) Un tercio del peralte de las losas.
- c) Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquete de barras; tendones o ductos de preesfuerzos.

Muchas veces la selección del tamaño máximo de agregado esta función de la disponibilidad del material y su costo.

Deberá ser el mayor económicamente disponible y compatible con las dimensiones de la estructura. (Pasquel Carbajal, *Temas de Tecnología del concreto en el Perú*, 1998-1999, págs. 73 , 74)

### Paso 3: Selección del asentamiento

1. El asentamiento a emplearse en obra deberá ser aquel indicado en las especificaciones.
2. Si las especificaciones de obra no indican el asentamiento que debe tener el concreto, se seguirá alguno de los criterios siguientes:
  - a) El concreto se dosificara para una consistencia plástica con un asentamiento entre tres y cuatro pulgadas (75mm a 100 mm) si la consolidación es por vibración; y de cinco pulgadas a menor (125 mm o menos) si la consolidación es por varillado.
  - b) Se seleccionará el valor más conveniente empleando la siguiente tabla (11), preparada por el comité 211.1 del ACI.

Tabla 11. *Selección de asentamiento*

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	MÁXIMA	MÍNIMA
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples , cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

El asentamiento puede incrementarse en 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración.

**Fuente:** (Rivva López, *Diseño de Mezclas*, 2014, pág. 56)

**Paso 4: selección de volumen de agua de diseño.**

La selección del volumen unitario de agua se refiere a la determinación de la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcladora, por unidad cubica de concreto, para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está en estado seco.

Dependiendo de la textura y perfil del agregado grueso, los requisitos de agua dados en la tabla (12) pueden ser algo más altos o más bajos que los valores necesarios, pero son suficientemente seguros para una primera estimación.

Las diferencias en la demanda de agua no se reflejan necesariamente en la resistencia desde que otros factores compensantes pueden estar involucrados. Así por ejemplo, un agregado grueso angular y otro redondeado, ambos con granulometría adecuada y similar, y ambos de buena calidad, puede esperarse que produzcan concretos de la misma resistencia en compresión para el mismo factor cemento, independientemente de las diferencias de la relación agua-cemento resultantes de los diferentes requisitos de agua de mezclado.

El perfil de las partículas, por sí mismo, no es un indicador de que un agregado esta sobre o bajo el promedio en su capacidad de producir resistencia. (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, págs. 57 , 58 , 59)

Tabla 12. *Volumen unitario de agua*

	<b>AGUA EN L/M<sup>3</sup>, PARA LOS TAMAÑOS MÁX. NOMINALES DE AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA.</b>							
<b>Asentamiento</b>	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3" a 4"</b>	228	216	205	193	181	169	145	124
<b>6" a 7"</b>	243	228	216	202	190	170	160	---
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	181	175	168	160	150	142	122	107
<b>3" a 4"</b>	202	193	184	175	165	157	133	119
<b>6" a 7"</b>	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014) , pág. 58

**Consideraciones necesarias**

1. Se debe recordar que existe diferencia entre los conceptos de relación agua –cemento y volumen unitario del agua. El primero de ellos trata de fijar la cantidad de agua a ser añadida a la mezcla por bolsa de cemento. El segundo concepto se refiere a la cantidad de agua de la mezcla por unidad cúbica del concreto.
2. La cantidad de agua de la mezcla se reduce conforme al tamaño máximo del agregado se incrementa. Igualmente, las texturas rugosas y los perfiles angulares requieren más agua que las texturas suaves o los perfiles redondos.
3. El agregado grueso redondeado generalmente requiere 18lt menos para concretos sin aire incorporado y 15 lt menos para concretos con aire incorporado.

**Paso 5: selección del contenido de aire.**

En la tabla (13) nos muestra el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado, de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso adecuadamente graduado dentro de los requisitos de la Norma 400.037 o ASTM C 33.

Tabla 13. *Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo nominal del agregado	Aire atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %

Fuente: (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014) , pág. 62

**Paso 6: Selección de la relación agua-cemento**

La relación agua /cemento requerida por una mezcla de un concreto se da en función de la resistencia, durabilidad y requisitos de acabado del mismo.

La relación agua/ cemento de diseño se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en condición de saturado superficialmente seco , es decir ; no toma ni aporta agua. La relación agua/ cemento efectiva se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tiene en consideración la condición real de humedad e agregado.

Ya que diferentes agregados y diversos tipos y marcas de cemento generalmente producen diferentes resistencias para la misma relación agua/ cemento, se considera que en la selección de la relación agua/ cemento por resistencia un criterio adecuado es establecer la interrelación entre la resistencia y la relación agua/ cemento mediante ensayos de laboratorio en los que se utiliza los materiales a ser empleados en obra.

Tabla 14. *Relación agua/ cemento por resistencia*

<b>f'c (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN PESO</b>	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
<b>150</b>	0.80	
<b>200</b>	0.70	0.71
<b>250</b>	0.62	0.61
<b>300</b>	0.55	0.53
<b>350</b>	0.48	0.46
<b>400</b>	0.43	0.40
<b>450</b>	0.38	

Fuente: (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014) , pág. 66

-La tabla (14) da valores aproximados y relativamente conservadores para concretos con cemento portland normal Tipo I .Para materiales que cumplen con las Normas ASTM C33 o NTP 400.037 las relaciones agua/ cemento de esta tabla permiten obtener las

resistencias indicadas las cuales corresponden a probetas ensayadas a los 28 días de vaciadas después de ser curadas bajo condiciones estándar de laboratorio.

### Paso 7: Determinación de la cantidad de cemento.

Teniendo en conocimiento el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua, se determinara el factor cemento por unidad cubica de concreto mediante la división del volumen unitario de agua, expresada en litros por metro cubico, entre la relación agua / cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento por unidad cubica de concreto.

#### Ecuación 9:

*Cantidad de cemento*

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

Fuente: (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014) , pág. 77

### Paso 8: Determinación de la cantidad de agregado grueso.

Tabla 15. *Contenido de agregado grueso*

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINURA DEL AGREGADO FINO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.46	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	0.80	0.78	0.76
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014) , pág. 79

**Paso 9: Estimación del contenido de agregado fino**

La cantidad de agregado fino se determina por diferencia entre la unidad y la suma de volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso seco. (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 83)

**Paso 10: Cálculo de las proporciones iniciales.**

El método más utilizado para expresar la proporciones de una mezcla de concreto es el indicarlos en forma de relaciones por peso de cemento , agregado fino y agregado grueso ,tomando como unidad el cemento , se considera además conveniente colocar antes de las proporciones la relación agua cemento.

$$a / c ; 1 ; f ; g$$

**Paso 11: Ajuste por humedad de los agregados**

Las cantidades de agregado que deben ser pesadas para preparar el concreto deberán considerar la humedad de aquel .Generalmente en obra los agregados están en condición humedad y su peso seco deberá incrementarse en el porcentaje de agua que ellos contienen, tanto la absorbida como la superficial.

El agua de mezclado incorporada a la mezcladora deberá ser algebraicamente reducida en un volumen igual a la humedad superficial o humedad libre aportada por los agregados menos su porcentaje de absorción. (Rivva López, Diseño de Mezclas, 2014, pág. 86)

**Capítulo III: Metodología****3.1 Metodología de la investigación****3.1.1 Tipo de investigación**

La presente investigación es APLICATIVA, porque el tema de investigación es posible que sea aplicado en nuestra realidad analizando la fabricación de concreto, separando el hormigón como agregado fino y grueso, para luego ser sometidos a compresión, todo este proceso evalúa cuantitativamente las variables involucradas en el estudio, como son la resistencia, las propiedades de los agregados de los álveos de Santa María y Uchumayo. (Dr. Roberto Hernández Sampieri , Metodología de la investigación)



### **3.1.2 Nivel de la investigación**

La investigación propuesta será de nivel DESCRIPTIVO, porque medirá estrictamente variables y características tangibles de la muestra estudiada, permitirá medir las variables estudiadas, y observar si tendrán algún tipo de relación entre sí, es decir si tiene una diferencia en los resultados que se produzca. (Dr. Roberto Hernández Sampieri , Metodología de la investigación)

### **3.1.3 Método de investigación**

El método es HPOTETICO – DEDUCTIVO, porque mediante los resultados obtenidos podemos demostrar que es aplicable o no en la zona de estudio.

La presente investigación se propuso una hipótesis para poder verificar y evaluar el comportamiento que tuvo el diseño de mezcla planteado en la investigación. (Dr. Roberto Hernández Sampieri , Metodología de la investigación)

## **3.2 Diseño de la investigación**

### **3.2.1 Diseño metodológico**

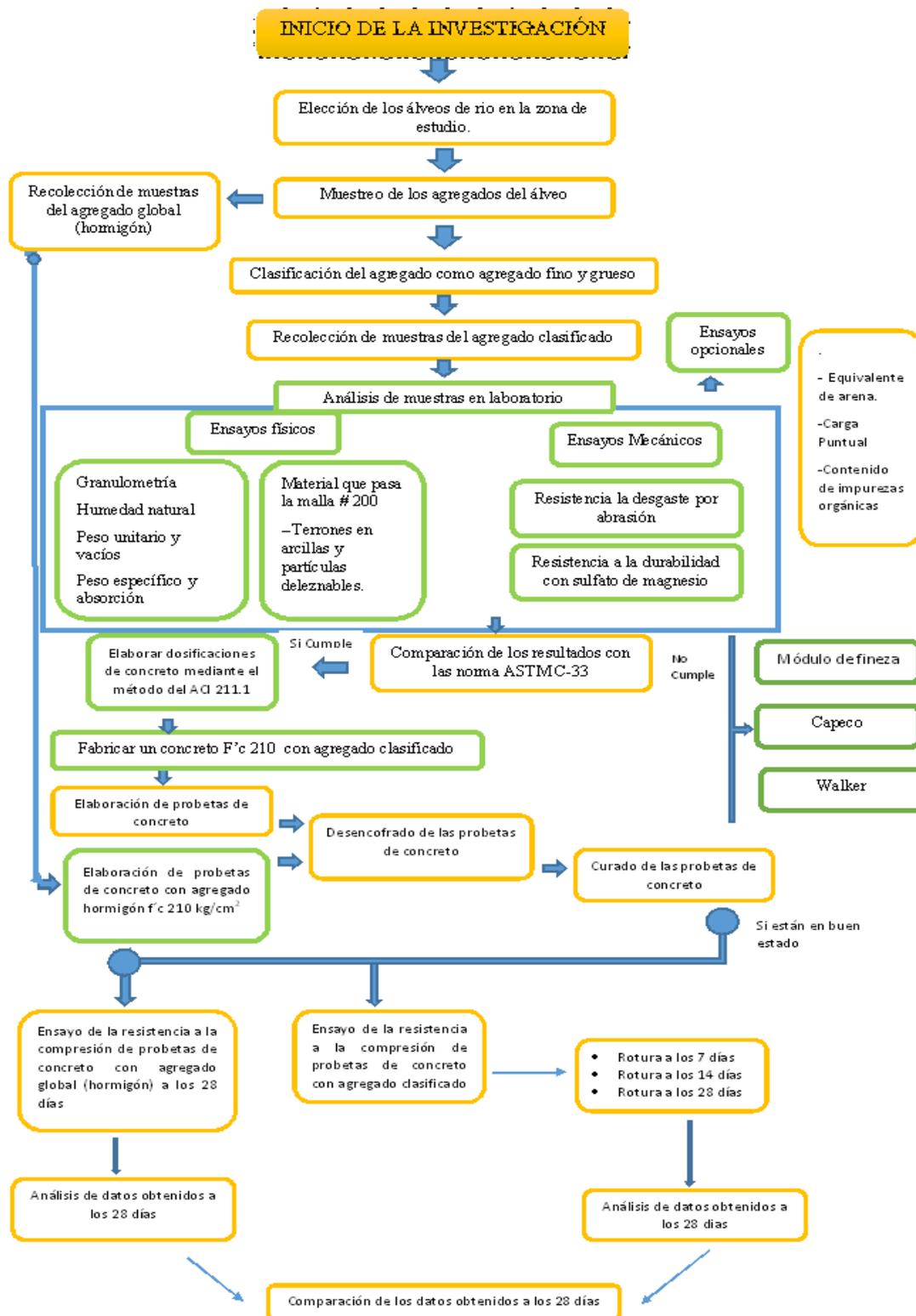
Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se hará el uso de DISEÑO NO EXPERIMENTAL, porque no se alteran los diseños de mezclas elaborados, solo se analizaron sin ninguna alteración la resistencia a comprensión. (Cesar agosto bernal Torres , Metodología de la investigación)

### **3.2.2 Tipo de diseño**

La investigación es de tipo TRANSVERSAL porque evalúa las variables en un momento temporal y analiza la relación entre variables en un tiempo específico. (Cesar agosto bernal Torres , Metodología de la investigación)

### 3.2.3 Diseño de ingeniería

FIGURA 8: DISEÑO DE INGENIERÍA



### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Población

##### Descripción de la población

Está comprendida por todas las briquetas elaboradas con cemento portland IP, el agregado seleccionado de los álveos Santa María y Uchumayo, los cuales han sido diseñados de acuerdo al método ACI 211.1

##### Cuantificación de la población

La cantidad de probetas cilíndricas se determinó siguiendo la recomendación del Reglamento de Edificaciones en la norma E-60 Concreto armado en su ítem 5.6 Evaluación y aceptación del concreto, la cual indica que la resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si cumple con el promedio aritmético de 3 ensayos de resistencia consecutiva es igual o superior a  $f'c$ ; teniendo en cuenta que un ensayo de resistencia deber ser el promedio de resistencias de dos probetas cilíndricas de concreto a los 28 días.

#### 3.3.2 Muestra

##### Descripción de la muestra

Las muestras están conformadas por los elementos estructurales, representadas por las briquetas de concreto de resistencia  $210 \text{ kg/cm}^2$ , los cuales estuvieron libres de defectos.

##### Cuantificación de la muestra

La muestra comprende de la siguiente cantidad de probetas cilíndricas, las cuales fueron elaboradas de acuerdo a los distintos diseños de mezcla. Ver tabla (16 y 17):

Tabla 16. *Cantidad de muestras de concreto para ensayo de compresión (briquetas) – álveo "a" Santa María*

Edad	Patrón (agregado hormigón)	Diseño con agregado clasificado
7 días	0	6
14 días	0	6
28 días	20	34
Sumatoria	20	46
Total	66	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. *Cantidad de muestras de concreto para ensayo de compresión (briquetas) – álveo "b" Paqcha Uchumayo*

Edad	patrón (agregado hormigón )	diseño con agregado clasificado
7 días	0	6
14 días	0	6
28 días	21	36
SUMATORIA	21	48
TOTAL	69	

Fuente: Elaboración Propia

En total son 135 briquetas que fueron sometidas a la prueba de resistencia a compresión

#### **Método de muestreo**

Se ha seleccionado un muestreo no probabilístico , porque el investigador plantea la cantidad de muestras , basado en normas y reglamentos , se tomó como referencia la recomendaciones que brinda el Reglamento Nacional de Edificaciones en la noma E.060 concreto armado , en su ítem 5.6 evaluación y aceptación del concreto.

#### **Criterios de evaluación de muestra**

Las probetas de concreto, al momento de su rotura, deberán cumplir con las siguientes características.

- Probetas sin irregularidades
- Probetas sin cangrejeras
- Probetas sin segregación

#### **3.3.3 Criterios de Inclusion**

Para realizar esta investigación, es necesario contar con los materiales componentes del concreto a estudiar como son:

- Agregado global hormigón (Santa María y Paqcha Uchumayo)
- Agregado Clasificado (Santa- María)
- Agregado Clasificado (Paqcha-Uchumayo)
- Cemento Yura Portland de alta durabilidad (IP)
- Agua (Santiago Potable).



- Diseño de mezclas sin aditivo naturalmente.
- Las probetas de concreto elaborados con agregado hormigón y agregado clasificado serán curadas de la misma forma como exige la NTP 339.033 y ASTM C-31.
- El agregado global (hormigón) será clasificado en campo por el Tamiz n°4
- Las probetas cilíndricas tendrán una dimensión 30 de largo y 15 cm de ancho.
- Las pruebas de compresión serán con muestras húmedas.
- La máquina de compresión deberá de estar calibrada para su respectiva utilización.
- Las probetas de concreto con agregado hormigón se elaboran de forma empírica de acuerdo a la información recolectada en campo con los mismos agregados como son Santa María, Paqcha Uchumayo.

### **3.4 Instrumentos**

#### **3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos**

Tabla 18. Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F' C 210KG/CM<sup>2</sup> ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>							
<b>ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO</b>							
RESPONSABLES:							
FECHA:							
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:							
MUESTRA:							
ÁLVEO:							
TMAX DEL AGREGADO GRUESO:							
TMN DEL AGREGADO GRUESO							
				Muestra seca , antes de lavar			
				Muestra seca después del lavado			
		MF=		% de Error en peso			
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO: 57	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
4"	100					100%	100%
3½"	90					100%	100%
3"	75					100%	100%
2½"	63					100%	100%
2"	50					100%	100%
1½"	37.5					100%	100%
1"	25					95%	100%
¾"	19					70%	88%
½"	12.7					25%	60%
3/8"	9.5					15%	40%
N°4	4.75					0%	10%
N° 8	2.36					0%	5%
N° 16	1.18						
N° 50	0.3						
Cazuela	0						

**CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO (CANTO RODADO)**

$$MF = \sum \% \text{ RETENIDO ACUMULADO } (3", 1\frac{1}{2}", 3/4", 3/8", N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100)$$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19. Cantidad de material fino que pasa el tamiz n° 200 del agregado grueso

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																			
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>																				
<b>ENSAYO: CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO GRUESO</b>																				
<b>RESPONSABLES:</b>																				
<b>FECHA:</b>																				
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>																				
<b>MUESTRA:</b>																				
<b>ÁLVEO:</b>																				
<b>TMAX DEL AGREGADO GRUESO:</b>																				
<b>TMN DEL AGREGADO GRUESO:</b>																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Muestra Seca , antes de lavar (gr)</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Muestra Seca , después del lavado (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">peso del residuo filtrado seco</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #92d050;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200</th> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Material que pasa el tamiz N°200(gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Verificación</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">%error en peso</td> <td></td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; background-color: #e6f2e6;"> <p style="text-align: center;"><b>CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 DEL AGREGADO GRUESO (CANTO RODADO)</b></p>  <p style="text-align: center;">AGREGADOS</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;"><b>EL PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 =</b></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> </table>			Muestra Seca , antes de lavar (gr)		Muestra Seca , después del lavado (gr)		peso del residuo filtrado seco		MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200		Material que pasa el tamiz N°200(gr)		Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200		Verificación		%error en peso		<b>EL PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 =</b>	
Muestra Seca , antes de lavar (gr)																				
Muestra Seca , después del lavado (gr)																				
peso del residuo filtrado seco																				
MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200																				
Material que pasa el tamiz N°200(gr)																				
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200																				
Verificación																				
%error en peso																				
<b>EL PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 =</b>																				

Fuente: Elaboración Propia

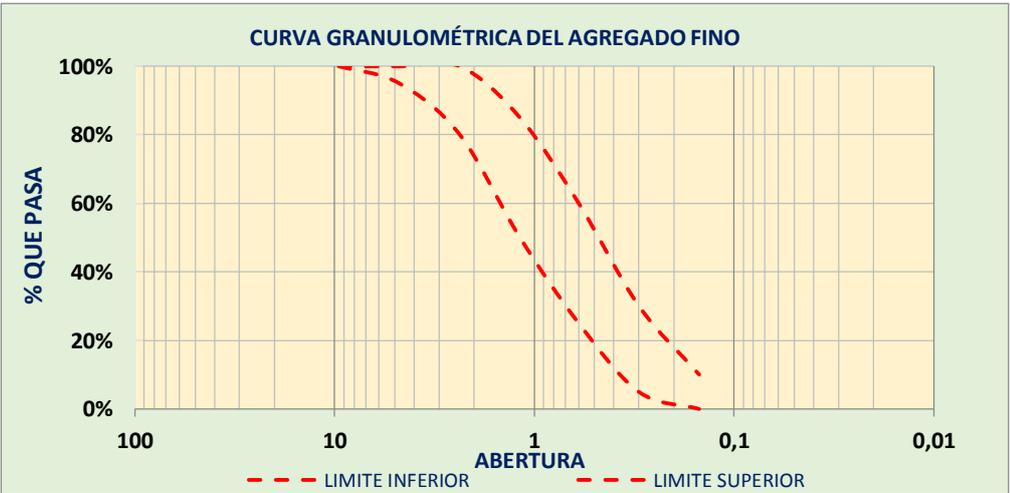
Tabla 20. Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F' C 210KG/CM<sup>2</sup> ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>		
<b>ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO</b>		
<b>RESPONSABLES:</b>		
<b>FECHA:</b>		
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>		
<b>MUESTRA:</b>		
<b>ÁLVEO:</b>		
	Muestra seca , antes de lavar	
	Muestra seca después del lavado	
MF=	% de Error en peso	

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
3/8"	9.5					100%	100%
N°4	4.75					70%	88%
N° 8	2.36					25%	60%
N° 16	1.18					15%	40%
N° 30						0%	10%
N° 50						0%	5%
N° 100						0%	0%
N° 200							
Cazuela							



$$MF = \sum \% \text{ RETENIDO ACUMULADO } ( 3/4", 3/8", N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100 )$$

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. Cantidad de material fino que pasa el tamiz n° 200 del agregado fino

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																	
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM<sup>2</sup> ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>																		
<b>ENSAYO: CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO FINO</b>																		
<b>RESPONSABLES:</b>																		
<b>FECHA:</b>																		
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>																		
<b>MUESTRA:</b>																		
<b>ÁLVEO:</b>																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Muestra Seca , antes de lavar (gr)</td> <td style="width: 100px;"></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Muestra Seca , después del lavado (gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">peso del residuo filtrado seco</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #92d050;">MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200</th> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Material que pasa el tamiz N°200(gr)</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Verificación</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">%error en peso</td> <td></td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; background-color: #e6f2e6;"> <p style="text-align: center;"><b>CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 DEL AGREGADO FINO CLASIFICADO</b></p>  <p style="text-align: center;">EL PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 =</p> </div>			Muestra Seca , antes de lavar (gr)		Muestra Seca , después del lavado (gr)		peso del residuo filtrado seco		MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200		Material que pasa el tamiz N°200(gr)		Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200		Verificación		%error en peso	
Muestra Seca , antes de lavar (gr)																		
Muestra Seca , después del lavado (gr)																		
peso del residuo filtrado seco																		
MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200																		
Material que pasa el tamiz N°200(gr)																		
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200																		
Verificación																		
%error en peso																		

Fuente :Elaboracion Propia

Tabla 22. *Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino*

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F' C 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>				
<b>ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</b>				
RESPONSABLES:				
FECHA:				
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:				
MUESTRA:				
ÁLVEO:				
<b>PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (Pem)</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO $\frac{A}{(B + S - C)}$	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)	S			
Peso del picnómetro + agua (gr)	B			
Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	C			
Peso de la muestra seca al horno final (gr)	A			
PESO ESPECIFICO (gr/cm3)				
PROMEDIO PESO ESPECÍFICO (gr/cm3)				
<b>% DE ABSORCIÓN (Ab)</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO $\left(\frac{S - A}{A}\right) \times 100$	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)	S			
Peso del picnómetro + agua (gr)	B			
Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	C			
Peso de la muestra seca al horno final (gr)	A			
ABSORCIÓN (%)				
PROMEDIO ABSORCIÓN ( % )				
PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO CLASIFICADO(gr/cm3)				
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO FINO CLASIFICADO (%)				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23. *Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso*

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>				
<b>ENSAYO: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>RESPONSABLES:</b>				
<b>FECHA:</b>				
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>				
<b>MUESTRA:</b>				
<b>ÁLVEO:</b>				
<b>T MAX DEL AGREGADO GRUESO:</b>				
<b>T MN DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (PEM)</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO $\frac{A}{(B - C)}$	MUESTRA 01	MUESTRA 02	muestra 03
MUESTRA SECA FINAL (GR)	A			
MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (GR)	B			
PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA (GR)	C			
PESO ESPECÍFICO (GR/CM <sup>3</sup> )				
PROMEDIO PESO ESPECÍFICO (GR/CM <sup>3</sup> )				
<b>% DE ABSORCIÓN (AB)</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO $\left(\frac{B - A}{A}\right) \times 100$	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
MUESTRA SECA FINAL (GR)	A			
MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (GR)	B			
PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA (GR)	C			
ABSORCIÓN (%)				
PROMEDIO ABSORCIÓN ( % )				
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (GR/CM <sup>3</sup> )				
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (%)				

Fuente:Elaboración Propia

Tabla 24. *Peso unitario suelto y porcentaje de vacíos del agregado grueso*

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F’C 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCIÓN - CUSCO”</b>				
<b>ENSAYO: PESO UNITARIO SUELTO Y PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO</b>				
RESPONSABLES:				
FECHA:				
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:				
MUESTRA:				
ÁLVEO:				
T MAX DEL AGREGADO GRUESO:				
T MN DEL AGREGADO GRUESO				
<b>PESO UNITARIO-SUELTO DEL AGREGADO GRUESO</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	$\frac{(B - A)}{C}$			
PESO DEL MOLDE (GR)	A			
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA (GR)	B			
ALTURA DEL MOLDE (CM)	H			
DIÁMETRO DEL MOLDE (CM)	D			
VOLUMEN DEL MOLDE (CM3)	$C=(D^2 * \pi / 4) * H$			
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M <sup>3</sup> )				
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO (KG/M <sup>3</sup> )				
<b>% VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	$\frac{(B - A)}{B} * 100$			
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M3)	A			
PROMEDIO PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (KG/M3)	B			
PORCENTAJE DE VACÍOS (%)				
PROMEDIO PORCENTAJE DE VACÍOS (%)				
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (KG/M3)				
PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (%)				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25. *Peso unitario varillado y porcentaje de vacíos del agregado grueso*

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F’C 210KG/CM<sup>2</sup> ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO”</b>				
<b>ENSAYO: PESO UNITARIO VARILLADO Y PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>RESPONSABLES:</b>				
<b>FECHA:</b>				
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>				
<b>MUESTRA:</b>				
<b>ÁLVEO:</b>				
<b>TMAX DEL AGREGADO GRUESO:</b>				
<b>TMN DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	$\frac{(B - A)}{C}$			
PESO DEL MOLDE (GR)	A			
PESO DEL MOLDE + MUESTRA VARILLADA (GR)	B			
ALTURA DEL MOLDE (CM)	H			
DIÁMETRO DEL MOLDE (CM)	D			
VOLUMEN DEL MOLDE (CM <sup>3</sup> )	$C=(D^2 \cdot \pi / 4) \cdot H$			
PESO UNITARIO VARILLADO (KG/M <sup>3</sup> )				
PROMEDIO PESO UNITARIO VARILLADO (KG/M <sup>3</sup> )				
<b>% VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	$\frac{(B - A)}{B} \times 100$			
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M <sup>3</sup> )	A			
PROMEDIO PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (KG/M <sup>3</sup> )	B			
PORCENTAJE DE VACÍOS (%)				
PROMEDIO PORCENTAJE DE VACÍOS (%)				
PESO UNITARIO VARILLADO DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (KG/M <sup>3</sup> )				
PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (%)				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26 .Peso unitario suelto y porcentaje de vacíos del agregado fino

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F’C 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO”</b>				
<b>ENSAYO: PESO UNITARIO SUELTO Y PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO</b>				
RESPONSABLES:				
FECHA:				
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:				
MUESTRA:				
ÁLVEO:				
<b>PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	$\frac{(B - A)}{C}$			
PESO DEL MOLDE (GR)	A			
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA (GR)	B			
ALTURA DEL MOLDE (CM)	H			
DIÁMETRO DEL MOLDE (CM)	D			
VOLUMEN DEL MOLDE (CM <sup>3</sup> )	$C=(D^2 * \pi / 4) * H$			
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M <sup>3</sup> )				
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO (KG/M <sup>3</sup> )				
<b>% VACÍOS DEL AGREGADO FINO</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	$\frac{(B - A)}{B} * 100$			
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M <sup>3</sup> )	A			
PROMEDIO PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO (KG/M <sup>3</sup> )	B			
PORCENTAJE DE VACIOS (%)				
PROMEDIO PORCENTAJE DE VACÍOS (%)				
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO CLASIFICADO (KG/M <sup>3</sup> )				
PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO CLASIFICADO (%)				

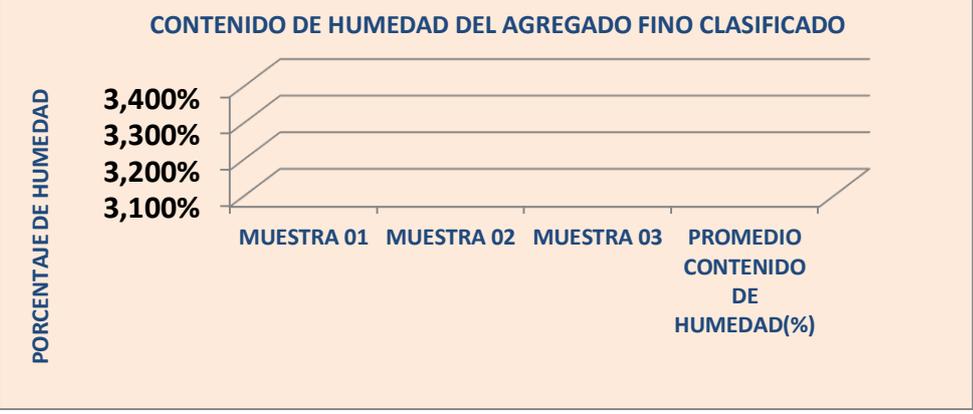
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27. *Peso unitario varillado y porcentaje de vacíos del agregado fino*

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F’C 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO”</b>				
<b>ENSAYO: PESO UNITARIO VARILLADO Y PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO</b>				
RESPONSABLES:				
FECHA:				
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:				
MUESTRA:				
ÁLVEO:				
<b>PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	$\frac{(B - A)}{C}$			
Peso del molde (gr)	A			
Peso del molde + muestra varillada (gr)	B			
Altura del molde (cm)	H			
Diámetro del molde (cm)	D			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	$C=(D^2*PI/4)*H$			
PESO UNITARIO VARILLADO (Kg/m <sup>3</sup> )				
PROMEDIO PESO UNITARIO VARILLADO (kg/m <sup>3</sup> )				
<b>% VACÍOS DEL AGREGADO FINO</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	$\frac{(B - A)}{B} \times 100$			
Peso unitario suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	A			
Promedio peso específico del agregado Fino (kg/m <sup>3</sup> )	B			
PORCENTAJE DE VACÍOS (%)				
PROMEDIO PORCENTAJE DE VACÍOS (%)				
PESO UNITARIO VARILLADO DEL AGREGADO FINO CLASIFICADO (Kg/m <sup>3</sup> )				
PORCENTAJE DE VACÍOS DEL AGREGADO FINO CLASIFICADO (%)				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. *Contenido de humedad del agregado fino*

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>				
<b>ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
RESPONSABLES:				
FECHA:				
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:				
MUESTRA:				
ÁLVEO:				
TMAX DEL AGREGADO GRUESO :				
TMN DEL AGREGADO GRUESO :				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
DESCRIPCIÓN	<b>ENSAYO</b> $W (\%) = \left(\frac{W_1}{W_2}\right) \times 100$	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
PESO DE CAPSULA (GR)	A			
PESO DE CAPSULA + MUESTRA HÚMEDA (GR)	B			
PESO DE CAPSULA + MUESTRA SECA (GR)	C			
PESO DE AGUA (GR)	W1=C-B			
PESO DE LA MUESTRA SECA (GR)	W2=C-A			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
<b>PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>				
<div style="background-color: #fce4d6; padding: 10px; border: 1px solid #ccc;"> <p style="text-align: center; color: #007060; font-weight: bold;">CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO CLASIFICADO</p>  </div>				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (%)</b>				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. *Contenido de humedad del agregado grueso*

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCIÓN - CUSCO"</b>				
<b>ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>				
RESPONSABLES:				
FECHA:				
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:				
MUESTRA:				
ÁLVEO:				
TMAX DEL AGREGADO GRUESO:				
TMN DEL AGREGADO GRUESO :				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>				
DESCRIPCIÓN	ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	$W (\%) = \left(\frac{W1}{W2}\right) \times 100$			
Peso de capsula (gr)	A			
Peso de capsula + muestra húmeda (gr)	B			
Peso de capsula + muestra seca (gr)	C			
peso de agua (gr)	W1=C-B			
peso de la muestra seca (gr)	W2=C-A			
CONTENIDO DE HUMEDAD				
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (%)				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 .Contenido de arcillas en terrones y partículas desmenuzables o friables

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>							
<b>ENSAYO: ARCILLA EN TERRONES Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES O FRIABLES</b>							
RESPONSABLES:							
FECHA:							
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:							
MUESTRA:							
ÁLVEO:							
<b>AGREGADOS FINOS</b>							
Tamices para la preparación de la muestra				Peso mínimo de la muestra de ensayo (pi)	Tamiz para remover el residuo de terrones de arcilla y partículas desmenuzables	Peso final después del ensayo (pf)	porcentaje arcillas y terrones
Pasa		Retiene					
Tamiz	Abertura	Tamiz	Abertura				$\% = \frac{(Pi - Pf)}{Pi} \times 100$
# 4	4.75 mm	# 8	2.36 mm		N° 20		
# 8	2.36 mm	# 16	1.18 mm		N° 20		
Suma total					----		
<b>Porcentaje de partículas friables en agregados Finos</b>							
<b>AGREGADOS GRUESOS</b>							
Tamices para la preparación de la muestra				Peso mínimo de la muestra de ensayo	Tamiz para remover el residuo de terrones de arcilla y particular desmenuzables	Peso final después del ensayo	porcentaje arcillas y terrones
Pasa		Retiene					
Tamiz	Abertura	Tamiz	Abertura				
Mayores	-	1 1/2 "	37.50 mm	5000 gr	N° 4		
1 1/2 "	37.50 mm	3/4"	19.00 mm	3000	N° 4		
3/4"	19.00 mm	3/8"	9.50 mm	2000	N° 4		
3/8"	9.50 mm	# 4	4.75 mm	1000	N°8		
<b>Porcentaje de partículas friables en agregados gruesos</b>							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31 .Desgaste por abrasión en la máquina de los ángeles para agregado grueso

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>							
<b>ENSAYO: DESGASTE POR ABRASIÓN EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES PARA AGREGADO GRUESO</b>							
RESPONSABLES:							
FECHA:							
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:							
MUESTRA:							
ÁLVEO:							
TMAX DEL AGREGADO GRUESO:							
TMN DEL AGREGADO GRUESO:							
<b>GRANULOMETRÍA DE LAS MUESTRAS A ENSAYARSE</b>							
Pasa		Retenido		Pesos de la muestra para el ensayo (gr)			
Tamiz	mm	Tamiz	mm	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
3"	75	2½"	63	-	-	-	-
2½"	63	2"	50	-	-	-	-
2"	50	1½"	37.5	-	-	-	-
1½"	37.5	1"	25	1250 ± 25	-	-	-
1"	25	¾"	19	1250 ± 25	-	-	-
¾"	19	½"	12.5	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
½"	12.5	3/8"	9.5	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
3/8"	9.5	¼"	6.3	-	-	2500 ± 10	-
¼"	6.3	Nº 4	4.75	-	-	2500 ± 10	-
Nº 4	4.75	Nº 8	2.36	-	-	-	5000 ± 10
Totales				5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Número de Esferas a utilizar				12	11	8	6
Número de Vueltas rpm				500	500	500	500
Gradación de la muestra	Pasa el tamiz	Retiene el tamiz	Peso (gr)	peso inicial antes del ensayo (gr)	Peso retenido en el tamiz Nro. 12 (gr)	$\% = \frac{(PI-PF)}{PI} \times 100$	
A	3/4	1/2	2510				
	1/2	3/8	2510				
<b>PORCENTAJE DE DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO (%)</b>							

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 32 . *Determinación de equivalente de arena en agregado fino*

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F’C 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO”</b>																																	
<b>ENSAYO: DETERMINACIÓN DE EQUIVALENTE DE ARENA EN AGREGADO FINO</b>																																	
<b>RESPONSABLES:</b>																																	
<b>FECHA:</b>																																	
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>																																	
<b>MUESTRA:</b>																																	
<b>ÁLVEO:</b>																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th style="background-color: #92d050;">MUESTRA 01</th> <th style="background-color: #92d050;">MUESTRA 02</th> <th style="background-color: #92d050;">MUESTRA 03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Lectura de Arcilla (mm)</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Lectura Disco Indicador(mm)</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Lectura de Arena (mm)</td> <td style="text-align: center;">C=B-254mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Equivalente de arena</td> <td style="text-align: center;"> <math>\% = \frac{\text{lectura arena}}{\text{lectura arcilla}} \times 100</math> </td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: #92d050;"><b>Porcentaje de Equivalente de Arena del agregado fino Clasificado</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	Lectura de Arcilla (mm)	A				Lectura Disco Indicador(mm)	B				Lectura de Arena (mm)	C=B-254mm				Equivalente de arena	$\% = \frac{\text{lectura arena}}{\text{lectura arcilla}} \times 100$				<b>Porcentaje de Equivalente de Arena del agregado fino Clasificado</b>				
		MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03																													
Lectura de Arcilla (mm)	A																																
Lectura Disco Indicador(mm)	B																																
Lectura de Arena (mm)	C=B-254mm																																
Equivalente de arena	$\% = \frac{\text{lectura arena}}{\text{lectura arcilla}} \times 100$																																
<b>Porcentaje de Equivalente de Arena del agregado fino Clasificado</b>																																	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33 . Durabilidad al sulfato de magnesio del agregado grueso

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>							
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>								
<b>ENSAYO: DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO GRUESO</b>								
<b>RESPONSABLES:</b>								
<b>FECHA:</b>								
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>								
<b>MUESTRA:</b>								
<b>ÁLVEO:</b>								
<b>ANÁLISIS CUANTITATIVO</b>								
<b>FRACCIÓN</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>PASA</b>	<b>RETIENE</b>	<b>GRADACIÓN ORIGINAL %</b>	<b>PESO DE LA FRACCIÓN ENSAYADA (G)</b>	<b>N° DE PARTÍCULAS</b>	<b>PESO RETENIDO DESPUÉS DEL ENSAYO (G)</b>	<b>PÉRDIDA TOTAL %</b>	<b>PERDIDA CORREGIDA %</b>	<b>RETENIDO</b>
63MM (2 1/2")	37.5 MM (1 1/2")							
37.5 MM (1 1/2")	19MM (3/4")							
19MM (3/4")	9.5 MM (3/8")							
9.5 MM (3/8")	4.75 MM (N°4)							
<b>TOTALES</b>								
<b>análisis cualitativo</b>								
<b>TAMIZ</b>	<b>CICLO</b>	<b>BUEN ESTADO</b>	<b>AGRIETADAS</b>	<b>PARTIDAS</b>	<b>ESCAMOSAS</b>	<b>LAJAS</b>		
3/4"	I							
3/8"								
# 4								
3/4"	II							
3/8"								
# 4								
3/4"	III							
3/8"								
# 4								
3/4"	IV							
3/8"								
# 4								
3/4"	V							
3/8"								
# 4								
<b>Pérdida al sulfato de magnesio del agregado grueso clasificado (%)</b>								

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34 .Durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																								
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F' C 210KG/CM2 , ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO”</b>																																									
<b>ENSAYO: DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO FINO</b>																																									
<b>RESPONSABLES:</b>																																									
<b>FECHA:</b>																																									
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>																																									
<b>MUESTRA:</b>																																									
<b>ÁLVEO:</b>																																									
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="3">Granulometría original del agregado fino clasificado</th> </tr> <tr> <td>Muestra seca , antes de lavar a</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Muestras seca , después del lavado</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <th>Tamiz n°</th> <th>Abertura (mm)</th> <th>Peso retenido (gr)</th> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>9.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>n° 4</td> <td>4.75</td> <td></td> </tr> <tr> <td>n° 8</td> <td>2.36</td> <td></td> </tr> <tr> <td>n° 16</td> <td>1.18</td> <td></td> </tr> <tr> <td>n° 30</td> <td>0.6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>n° 50</td> <td>0.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>n° 100</td> <td>0.15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>n° 200</td> <td>0.075</td> <td></td> </tr> <tr> <td>cazuela</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Granulometría original del agregado fino clasificado			Muestra seca , antes de lavar a			Muestras seca , después del lavado			Tamiz n°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	3/8"	9.5		n° 4	4.75		n° 8	2.36		n° 16	1.18		n° 30	0.6		n° 50	0.3		n° 100	0.15		n° 200	0.075		cazuela		
Granulometría original del agregado fino clasificado																																									
Muestra seca , antes de lavar a																																									
Muestras seca , después del lavado																																									
Tamiz n°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)																																							
3/8"	9.5																																								
n° 4	4.75																																								
n° 8	2.36																																								
n° 16	1.18																																								
n° 30	0.6																																								
n° 50	0.3																																								
n° 100	0.15																																								
n° 200	0.075																																								
cazuela																																									
<b>Análisis cuantitativo</b>																																									
FRACCIÓN		1	2	3	4	5	6																																		
Pasa	Retiene	Gradación original %	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total $= \frac{(2-3)}{2} \times 100$	Pérdida corregida % $= \frac{(4*1)}{100}$	Retenido																																		
		$= \frac{(6)}{A} \times 100$																																							
3/8"	N°4																																								
# 4	N° 8																																								
N° 8	N°16																																								
N°16	N°30																																								
N°30	N°50																																								
<b>TOTAL</b>																																									
<b>PERDIDA AL SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO FINO CLASIFICADO (%)</b>																																									

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35 . Toma de datos del agregado hormigón

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>							
<b>ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL (HORMIGÓN)</b>							
RESPONSABLES :							
FECHA :							
LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:							
ÁLVEO :							
MUESTRA SECA , ANTES DE LAVAR							
MUESTRA SECA , DESPUÉS DEL LAVADO							
Huso:							
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO 3/4"	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
4"	100					100%	100%
3½"	90					100%	100%
3"	75					100%	100%
2½"	63					100%	100%
2"	50					100%	100%
1½"	37.5					100%	100%
1"	25					98%	100%
¾"	19					95%	100%
½"	12.7					70%	80%
3/8"	9.5					50%	65%
N°4	4.75					35%	55%
N° 8	2.36					25%	48%
N° 16	1.18					18%	42%
N° 30	0.6					10%	35%
N° 50	0.3					5%	20%
N° 100	0.15					0%	8%
N° 200	0.075						
Cazuela	0						
TOTAL FRACCION RETENIDA EN LAVADO							

**CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GLOBAL (HORMIGÓN)**

$\sum$  % RETENIDO ACUMULADO (3", 1½", ¾", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100)

MÓDULO DE FINEZA	% FRACCIÓN GRUESA	% FRACCIÓN FINA

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2 Instrumentos de ingeniería



*Figura 10 .* Juego de tamices

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 9.* Máquina de los ángeles

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 11.* Bomba de vacíos

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 12:* Balanza de precisión

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 13.* Bernier

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 14.* Balanza

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 15.** Molde cilíndrico  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 16.** Bandejas metálicas  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 17.** Fiola de 500 cm<sup>3</sup>  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 18.** Equipo para peso específico  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 19.** Horno eléctrico  
**Fuente:** Elaboración propia





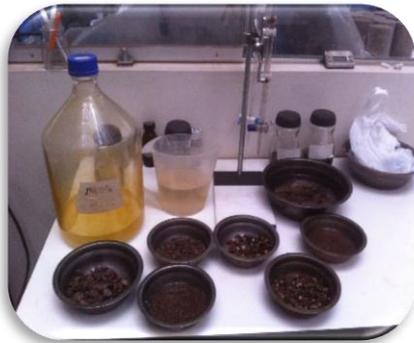
*Figura 20.* Bandeja

**Fuente:** Elaboración propia



*figura 21 :* Cono

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 23:* Pocillos

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 22:* Máquina de compresión manual

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 24 .* Pocillos para durabilidad

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 25 .* Tamices

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 26 :** Cesta con malla de alambre con abertura correspondiente al tamiz nro. 4

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 27 :** Horno

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 29 .** Materiales para ensayo de peso específico agregado fino

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 28 :** Equipos para peso unitario

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 30 :** Recipiente para sulfato de magnesio

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 31:** Zaranda

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 33 .** Frasco volumétrico de 500

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 32 .** Tamices del agregado fino

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 35 .** Tamices de tamices para el agregado grueso

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 34 .** Varilla

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 36 .** Mezcladora

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 37 .** Máquina compresora

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 38.* Cilindro graduado

**Fuente:** Elaboración propia



*figura 39 .* Agitador mecánico

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5 Procedimiento de recolección de datos

#### 3.5.1. Muestreo de agregados (ASTM D75 - NTP 400.010)

La investigación preliminar y el muestreo potenciales de canteras de agregados, ocupan un lugar muy importante porque ello se determina la conveniencia de su utilización. Es necesario el control de calidad del material para asegurar la durabilidad de la estructura resultante, esto influenciará en el tipo de construcción y en la parte económica de la obra. (Norma Técnica Peruana, Extracción y Preparación de las Muestras (400.010), 2001, pág. 3).

#### Equipos utilizados

- **Bolsas plásticas:** Material resistente con capacidad de volumen de más de 25kg de preferencia.
- **Palas:** Herramienta manual para remover el agregado.
- **Sacos:** Material importante para el almacenamiento de agregados.
- **Zaranda de “1”:** Herramienta manual para la selección del agregado en función al tamaño máximo del agregado.
- **Tamiz N° 4:** Instrumento para la clasificación de agregados gruesos y finos.

#### Procedimiento

Se seleccionó dos álveos de río, como son álveo “a” y álveo “b”, se procedió a realizar el muestro de agregados en campo en relación a la norma ASTM D 75 (Muestreo de Apilamientos).

1. Se verifico que el agregado apilado se encuentre preparado para su venta y el requerimiento del tamaño máximo correspondiente.



**Figura 41** . Apilamiento de agregados álveo “a” Santa María

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura 40** . Apilamiento de agregados álveo “b” Paqcha Uchumayo

**Fuente:** Elaboración Propia

2. Se realizó el muestreo de arriba de al menos tres porciones tomadas del tercio superior, de la zona media y del tercio inferior del volumen del apilamiento, donde se debe de evitar el segregamiento de agregado grueso.



**Figura 42** : Proceso de muestreo de agregados en campo

**Fuente:** Elaboración Propia

3. Con la ayuda de la pala, se removió el agregado que se encuentra por encima por lo menos 3 a 4 veces, enseguida se realizó la extracción del agregado. Para su posterior clasificación como agregado grueso y fino.
4. Finalmente se procedió almacenar en las bolsas de plástico junto con los sacos para evitarla en lo posible la pérdida de sus propiedades del agregado e identificar correctamente los sacos, como se muestra en la imagen.



**Figura 43 :** Proceso de almacenamiento de muestra de campo para el envío al laboratorio.

**Fuente:** Elaboración Propia

5. La cantidad de la muestra tanto para agregado grueso y agregado fino será de acuerdo a lo indicado en la tabla Nro. 08 del marco teórico

### 3.5.2. Determinación del contenido de humedad natural del agregado grueso y fino (ASTM 566, NTP 339.185)

#### Equipos utilizados

- **Recipiente Para Muestra:** Se utiliza un recipiente metálico de aluminio con suficiente volumen para contener la muestra, el cual no sea afectado por el calor.
- **Fuente De Calor:** Es el horno capaz de mantener una temperatura de  $110\text{C}^{\circ}\pm 5\text{C}^{\circ}$ .
- **Balanza.-** Con una precisión de legibilidad y sensibilidad dentro de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango y graduado como mínimo a 0.05kg.
- **Agitador.-** Se utiliza una cuchara metálica o espátula de tamaño adecuado.

#### Procedimiento

1. Se procedió a pesar el recipiente de aluminio.
2. Se pesó el recipiente de aluminio + la muestra humedad natural tanto para el agregado grueso y agregado fino separadamente.
3. Seguidamente se colocó la muestra húmeda natural+ el recipiente en el horno para secar completamente a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 24 horas.



*Figura 44 .* Muestras en el horno

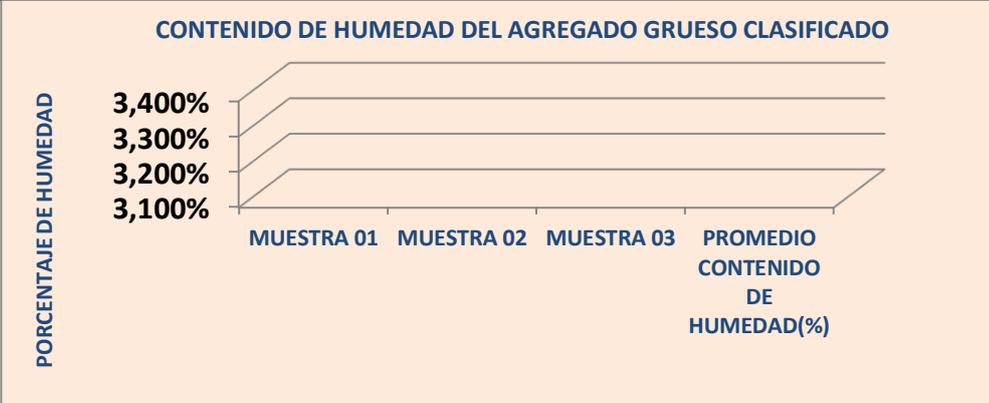
**Fuente:** Elaboración Propia.

4. Finalmente ya pasadas las 24 horas al día siguiente sacar del horno las muestras y después que se haya secado, hasta mostrar un peso constante se procede a pesar la muestra seca más el recipiente.

Toma de datos

Toma de datos álveo “A” Santa María

Tabla 36 . Toma de datos del contenido de humedad natural del agregado grueso álveo “a” santa maría

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F’C 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO”</b>							
<b>ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>							
<b>RESPONSABLES:</b>		TREISI YAMILET ROMÁN CONDORHUANCA					
<b>FECHA:</b>		12 DE JULIO DEL 2016					
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PR&COM SILVER S.C.L					
<b>MUESTRA:</b>		AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (CANTO RODADO)					
<b>ÁLVEO:</b>		SANTA MARÍA					
<b>TMAX DEL AGREGADO GRUESO:</b>		1”					
<b>TMN DEL AGREGADO GRUESO</b>		3/4”					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>							
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>ENSAYO</b>			<b>MUESTRA 01</b>	<b>MUESTRA 02</b>	<b>MUESTRA 03</b>
		$W (\%) = \left(\frac{W1}{W2}\right) \times 100$					
Peso de capsula (gr)		A	30.59	30.75	30.90		
Peso de capsula + muestra húmeda (gr)		B	518.63	534.97	518.00		
Peso de capsula + muestra seca (gr)		C	513.69	530.27	513.45		
peso de agua (gr)		W1=C-B					
peso de la muestra seca (gr)		W2=C-A					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
<b>PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>							
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO</b>							
							
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (%)</b>							

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37. Toma de datos del contenido de humedad natural del agregado fino álveo "a" Santa María

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>				
<b>ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
<b>RESPONSABLES:</b>	TREISI YAMILET ROMÁN CONDORHUANCA			
<b>FECHA:</b>	12 DE JULIO DEL 2016			
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PR&COM SILVER S.C.L			
<b>MUESTRA:</b>	AGREGADO FINO CLASIFICADO			
<b>ÁLVEO:</b>	SANTA MARÍA			
<b>TMAX DEL AGREGADO GRUESO:</b>	-----			
<b>TMN DEL AGREGADO GRUESO</b>	-----			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>MUESTRA 01</b>	<b>MUESTRA 02</b>	<b>MUESTRA 03</b>
	$W (\%) = \left(\frac{W1}{W2}\right) \times 100$			
Peso de capsula (gr)	A	30.59	30.75	30.90
Peso de capsula + muestra húmeda (gr)	B	358.01	366.41	370.31
Peso de capsula + muestra seca (gr)	C	347.55	355.46	359.26
peso de agua (gr)	W1=C-B			
peso de la muestra seca (gr)	W2=C-A			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
<b>PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (%)</b>				

Fuente: Elaboración propia

Toma de datos álveo “b” Paqcha Uchumayo.

Tabla 38. Toma de datos del contenido de humedad natural del agregado grueso álveo “b” Paqcha Uchumayo.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F’C 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO”</b>				
<b>ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>RESPONSABLES:</b>	DANTE NORMÁN PILLPINTO BUTRÓN			
<b>FECHA:</b>	12 DE JULIO DEL 2016			
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PR&COM SILVER S.C.I			
<b>MUESTRA:</b>	AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (CANTO RODADO)			
<b>ÁLVEO:</b>	PAQCHA UCHUMAYO			
<b>TMAX DEL AGREGADO GRUESO:</b>	1”			
<b>TMN DEL AGREGADO GRUESO</b>	3/4”			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENSAYO</b> $W (\%) = \left(\frac{W_1}{W_2}\right) \times 100$	<b>MUESTRA 01</b>	<b>MUESTRA 02</b>	<b>MUESTRA 03</b>
Peso de capsula (gr)	A	54.49	67.50	54.49
Peso de capsula + muestra húmeda (gr)	B	928.26	965.20	915.30
Peso de capsula + muestra seca (gr)	C	920.41	957.50	908.10
peso de agua (gr)	W1=C-B			
peso de la muestra seca (gr)	W2=C-A			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
<b>PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>				
<div style="background-color: #fce4d6; padding: 10px; border: 1px solid #ccc;"> <p style="text-align: center; color: #0056b3;"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO</b></p> </div>				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (%)</b>				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Toma de datos del contenido de humedad natural del agregado fino álveo “b” Paqcha Uchumayo.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F’C 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCIÓN - CUSCO”</b>				
<b>ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
<b>RESPONSABLES:</b>	DANTE NORMÁN PILLPINTO BUTRÓN			
<b>FECHA:</b>	12 DE JULIO DEL 2016			
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PR&COM SILVER S.C.L			
<b>MUESTRA:</b>	AGREGADO FINO CLASIFICADO			
<b>ÁLVEO:</b>	PAQCHA UCHUMAYO			
<b>TMAX DEL AGREGADO GRUESO:</b>	-----			
<b>TMN DEL AGREGADO GRUESO</b>	-----			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>MUESTRA 01</b>	<b>MUESTRA 02</b>	<b>MUESTRA 03</b>
	$W (\%) = \left(\frac{w_1}{w_2}\right) \times 100$			
Peso de capsula (gr)	A	30.59	30.60	30.10
Peso de capsula + muestra húmeda (gr)	B	327.41	348.91	386.89
Peso de capsula + muestra seca (gr)	C	322.09	343.18	380.07
peso de agua (gr)	W1=C-B			
peso de la muestra seca (gr)	W2=C-A			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
<b>PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO (%)</b>				

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3 Cantidad de material fino que pasa la malla n° 200 (ASTM c-136 –NTP 400.012)

#### Equipos utilizados

- Bandejas Metálicas
- Horno o Fuente de Calor
- Balanzas de precisión
- Tamiz N° 200: Sirve para el lavado del agregado.

#### Procedimiento

1. Se realiza un cuarteo manual de acuerdo al tamaño máximo nominal requerido según norma, el cual servirá para el ensayo granulométrico del agregado grueso, y de la misma forma para el agregado fino aproximadamente 1.5 kg, donde seca a una temperatura alta con la ayuda de una estufa de cocina, luego se pesa hasta obtener peso constante.



*Figura 45.* Proceso de cuarteo muestra agregado fino

**Fuente:** Elaboración Propia.

2. Se procedió a lavar el agregado sobre un recipiente, mediante el tamiz N°200 removiendo en forma circular evitando la pérdida de finos en suspensión, este procedimiento se realizó para el agregado grueso y agregado fino.



**Figura 46 .** Proceso de lavado de muestra seca final agregado grueso

**Fuente:** Elaboración Propia.

3. Una vez terminada el paso anterior se procedió a colocar la muestra en el horno durante 18 a 24 horas, a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
4. Se procedió a sacar la muestra del horno y hacer enfriar a una temperatura ambiente para registra su peso seco final.



**Figura 47 .** Proceso de pesado de muestra seca final agregado grueso

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Toma de datos**

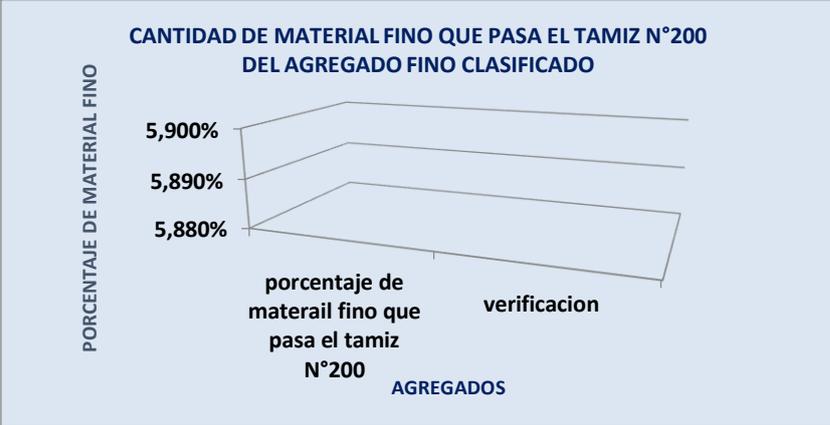
**Toma de datos álveo “a” Santa María.**

Tabla 40. Toma de datos del material más fino que el tamiz n° 200 del agregado grueso álveo "A" Santa María.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>											
<b>TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM<sup>2</sup> ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO"</b>												
<b>ENSAYO: CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO GRUESO</b>												
<b>RESPONSABLES:</b>	TREISI YAMILET ROMÁN CONDORHUANCA											
<b>FECHA:</b>	12 DE JULIO DEL 2016											
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PR&COM SILVER S.C.L											
<b>MUESTRA:</b>	AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (CANTO RODADO)											
<b>ÁLVEO:</b>	SANTA MARÍA											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Muestra seca , antes de lavar (gr)=A</td> <td style="text-align: center;">5108</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Muestra seca , después del lavado (gr)=B</td> <td style="text-align: center;">5074</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">peso del residuo filtrado seco C=A-B-0.07</td> <td></td> </tr> </table>			Muestra seca , antes de lavar (gr)=A	5108	Muestra seca , después del lavado (gr)=B	5074	peso del residuo filtrado seco C=A-B-0.07					
Muestra seca , antes de lavar (gr)=A	5108											
Muestra seca , después del lavado (gr)=B	5074											
peso del residuo filtrado seco C=A-B-0.07												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #92d050;">MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200</th> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Material que pasa el tamiz N°200(gr) D=A.B</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 E=A/D*100</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Verificación F=C/A*100</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">%error en peso g=(e-f)/e</td> <td></td> </tr> </table>			MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200		Material que pasa el tamiz N°200(gr) D=A.B		Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 E=A/D*100		Verificación F=C/A*100		%error en peso g=(e-f)/e	
MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200												
Material que pasa el tamiz N°200(gr) D=A.B												
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 E=A/D*100												
Verificación F=C/A*100												
%error en peso g=(e-f)/e												
<div style="background-color: #fce4d6; padding: 10px; border: 1px solid #ccc;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO</b></p> </div>												
<b>el porcentaje de material fino que pasa el tamiz n° 200 =</b>												

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41. Toma de datos del material más fino que el tamiz n° 200 del agregado fino álveo “A” Santa-María

		<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>													
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F’C 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO”</b>															
<b>ENSAYO: CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO FINO</b>															
<b>RESPONSABLES:</b>		TREISI YAMILET ROMÁN CONDORHUANCA													
<b>FECHA:</b>		12 DE JULIO DEL 2016													
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>		LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PR&COM SILVER S.C.L													
<b>MUESTRA:</b>		AGREGADO FINO CLASIFICADO													
<b>ÁLVEO:</b>		SANTA MARÍA													
		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Muestra seca , antes de lavar (gr) =A</td> <td style="text-align: center;">1482.32</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Muestra seca , después del lavado (gr)=B</td> <td style="text-align: center;">1394.95</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">peso del residuo filtrado seco=C=A-B.0.07</td> <td></td> </tr> </table>		Muestra seca , antes de lavar (gr) =A	1482.32	Muestra seca , después del lavado (gr)=B	1394.95	peso del residuo filtrado seco=C=A-B.0.07							
Muestra seca , antes de lavar (gr) =A	1482.32														
Muestra seca , después del lavado (gr)=B	1394.95														
peso del residuo filtrado seco=C=A-B.0.07															
		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #92d050;">MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200</th> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Material que pasa el tamiz N°200(gr) D=A-B</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 E=A/*100</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Verificación F=C/A* 100</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">%error en peso G=(E-F)/E</td> <td></td> </tr> </table>		MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200		Material que pasa el tamiz N°200(gr) D=A-B		Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 E=A/*100		Verificación F=C/A* 100		%error en peso G=(E-F)/E			
MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200															
Material que pasa el tamiz N°200(gr) D=A-B															
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 E=A/*100															
Verificación F=C/A* 100															
%error en peso G=(E-F)/E															
		<div style="text-align: center;"> <p><b>CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 DEL AGREGADO FINO CLASIFICADO</b></p>  </div>													
		<b>EL PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 =</b>													

Fuente: Elaboración Propia

Toma de datos álveo “b” Paqcha Uchumayo

Tabla 42. Toma de datos del material más fino que el tamiz n° 200 del agregado grueso álveo “B” Paqcha Uchumayo.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F’C 210KG/CM2 ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCION - CUSCO”</b>		
<b>ENSAYO: CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO GRUESO</b>		
<b>RESPONSABLES:</b>	DANTE NORMÁN PILLPINTO BUTRÓN	
<b>FECHA:</b>	12 DE JULIO DEL 2016	
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PR&COM SILVER S.C.L	
<b>MUESTRA:</b>	AGREGADO GRUESO CLASIFICADO (CANTO RODADO)	
<b>ÁLVEO:</b>	PAQCHA-UCHUMAYO	

Muestra seca , antes de lavar (gr) =A	5519
Muestra seca , después del lavado (gr)=B	5509
peso del residuo filtrado seco=C=A-B.0.07	

MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ N°200	
Material que pasa el tamiz N°200(gr) D=A-B	
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 E=A/*100	
Verificación F=C/A*100	
%error en peso G=(E-F)/E	

**CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 DEL AGREGADO GRUESO CLASIFICADO**

porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200      verificacion  
 AGREGADOS

EL PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 =	
---	--

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43. Toma de datos del material más fino que el tamiz n° 200 del agregado fino álveo “B” Paqcha Uchumayo.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>											
<b>TESIS: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c 210KG/CM<sup>2</sup> ,ELABORADO CON AGREGADO HORMIGÓN Y AGREGADO CLASIFICADO , EN EL DISTRITO DE MARANURA- LA CONVENCIÓN - CUSCO”</b>												
<b>ENSAYO: CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO FINO</b>												
<b>RESPONSABLES:</b>	DANTE NORMÁN PILLPINTO BUTRÓN											
<b>FECHA:</b>	12 DE JULIO DDEL 2016											
<b>LUGAR DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:</b>	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES PR&COM SILVER S.C.L											
<b>MUESTRA:</b>	AGREGADO FINO CLASIFICADO											
<b>ÁLVEO:</b>	PAQCHA UCHUMAYO											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Muestra seca , antes de lavar (gr) =A</td> <td style="text-align: center;">1382.22</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Muestra seca , después del lavado (gr)=B</td> <td style="text-align: center;">1344.77</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">peso del residuo filtrado seco=C=A-B.0.07</td> <td></td> </tr> </table>			Muestra seca , antes de lavar (gr) =A	1382.22	Muestra seca , después del lavado (gr)=B	1344.77	peso del residuo filtrado seco=C=A-B.0.07					
Muestra seca , antes de lavar (gr) =A	1382.22											
Muestra seca , después del lavado (gr)=B	1344.77											
peso del residuo filtrado seco=C=A-B.0.07												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #92d050;">MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200</th> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Material que pasa el tamiz N°200(gr) D=A-B</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 E=A/*100</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">Verificación F=C/A*100</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #92d050;">%error en peso G=(E-F)/E</td> <td></td> </tr> </table>			MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200		Material que pasa el tamiz N°200(gr) D=A-B		Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 E=A/*100		Verificación F=C/A*100		%error en peso G=(E-F)/E	
MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N°200												
Material que pasa el tamiz N°200(gr) D=A-B												
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N°200 E=A/*100												
Verificación F=C/A*100												
%error en peso G=(E-F)/E												
<div style="background-color: #e6f2ff; padding: 10px; border: 1px solid #ccc;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 DEL AGREGADO FINO CLASIFICADO</b></p> </div>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #92d050; width: 80%;"><b>EL PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 =</b></td> <td></td> </tr> </table>			<b>EL PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 =</b>									
<b>EL PORCENTAJE DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 =</b>												

Fuente: Elaboración Propia



### 3.5.4 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso, fino y global (ASTM C-136 –NTP400.012)

- **Equipos utilizados**

**Bandejas metálicas:** recipiente que tenga la capacidad suficiente en volumen de almacenar la muestra requerida y capaz de soportar una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$  Preferentemente de aluminio.

**Horno o fuente de calor:** Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

**Balanzas de precisión:** Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global deberán tener la siguiente exactitud y aproximación:

- Para agregado fino, con aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g ó 0,1 % de la Masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.
- Para agregado grueso o agregado global, con aproximación y exacta a 0,5 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso. (Norma Técnica Peruana, AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global, 2001, pág. 3)

**Juego de Tamices:** que cumplan con las especificaciones normalizados de norma ASTM E-11 o la norma NTP 350.001 tanto para agregado grueso y agregado fino y serán los siguientes.

Agregado Grueso: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4.

Agregado Fino: 3/8", N°4, N8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.

Agregado Global: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.

**Recipientes metálicos:** sirve para almacenar el agregado retenido en cada tamiz, para después ser pesado.

- **Procedimiento**

Una vez obtenido una muestra representativa de acuerdo a la norma ASTM D 75 tanto para agregado grueso y agregado fino la muestra es reducida de acuerdo a la norma ASTM c-702 bajo el proceso del método B cuarteo manual.

- **Agregado grueso:** la cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la tabla siguiente.

Tabla 44. *Toma de datos cantidad mínima de muestra de agregado grueso o global*

Tamaño máximo Nominal Aberturas cuadradas mm (pulg.)	Cantidad de la Muestra de Ensayo Mínimo kg (lb)
9.5(3/8")	1(2)
12.5(1/2")	2(4)
19.0(3/4")	5(11)
25.0(1")	10(22)
37.5(1 1/2")	15(33)
50(2")	20(44)
63 (2 1/2")	35(77)
75 (3")	60(130)
90 (3 1/2")	100(220)
100 (4")	150(330)
125 (5")	300(660)

**Fuente:** (Norma Técnica Peruana, AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global, 2001, pág. 4).

- **Agregado fino:** la cantidad de muestra de ensayo de agregado fino será como mínimo 300 gr.
1. Se colocó la muestra de agregado, en un suelo limpio y plano donde no se produzca la pérdida del agregado ni la adición de cualquier otro material para proceder a realizar el método del cuarteo manual. El mismo procedimiento para el agregado grueso, agregado fino y agregado global (hormigón).



**Figura 48 .** Muestra de agregado fino en lugar limpio

**Fuente:** Elaboración Propia

2. Se mezcló el agregado completamente con la ayuda de la pala por lo menos 3 a 4 veces formando una pila cónica y evitando la segregación de partículas a la parte inferior, posterior se presiona con la pala hasta obtener un diámetro uniforme por lo menos de 4 a 8 veces el espesor.



**Figura 49.** Proceso de mezcla de agregados

**Fuente:** Elaboración Propia

3. Se procedió a dividir con un tabla de madera en 4 partes iguales y se removió los cuartos diagonalmente opuestos .este paso se realizó 3 veces hasta reducir la muestra al tamaño requerido para el procedimiento del tamizado.



*Figura 50* . Proceso de cuarteo en cuatro partes iguales del agregado grueso

**Fuente:** Elaboración Propia



*Figura 51*. Proceso de cuarteo en cuatro partes iguales del agregado fino

**Fuente:** Elaboración Propia

4. Una vez realizado el proceso del cuarteo manual para cada uno de los agregados según tamaño requerido, se procedió a secar la muestra con el apoyo de un calentador a altas temperaturas (cocinas a gas), hasta obtener peso constante y se registró el peso inicial original de la muestra.