

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL – SEDE
JAÉN.



**INFLUENCIA DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE 1/2” Y 1” DEL
AGREGADO GRUESO DEL RIO AMOJÚ EN EL ESFUERZO A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO PARA $f'c = 250 \text{ KG/CM}^2$**

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

Presentado por:

BACHILLER:

**DENYS MARCIAL MORALES
CASTRO**

**ASESOR: Ing. WILLIAM PROSPERO QUIROZ
GONZALES**

Jaén - Cajamarca – Perú

2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ayudarme a realizar éste mi primer libro, por ser mi guía en tiempos de angustia, por darme fe, amor y felicidad.

A mi madre: Senaida Castro León, por su esfuerzo y apoyo incondicional para hacer posible esta tesis.

A mis hermanos, Wagner Peterson Espinoza Castro y Amparito Patricia Morales Castro, por su apoyo permanente en todos los proyectos más importantes de mi vida.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca Sede Jaén, por permitirme realizar en su laboratorio los ensayos de ruptura de especímenes de concreto.

A mi asesor, Ing. William Prospero Quiroz Gonzales, por resolver todas mis dudas y apoyarme en el desarrollo de esta investigación.

Gracias a todos mis amigos que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Denys Marcial Morales Castro

DEDICATORIA

A DIOS:

Por brindarme la vida, llenarla de logros, bendiciones y demostrarme su amor infinito

A MI MADRE:

Por la más pura inspiración de esfuerzo y sacrificio y por su apoyo incondicional

A MI ESPOSA:

Por ser la amiga de siempre y el mejor soporte

A MI HIJA:

Por ser la razón de toda lucha

A MIS HERMANOS:

Por el apoyo incondicional en todo momento

A MI PADRINO:

Por los buenos consejos y ejemplo a seguir

Denys Marcial Morales Castro

INDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
INDICE	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	x
ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema	3
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Justificación de la Investigación	4
1.3.1. Aspecto social	4
1.3.2. Aspecto económico	4
1.3.3. Aspecto técnico	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Hipótesis de investigación	5
1.5.1. Hipótesis general	5
CAPITULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes teóricos	6
2.1.1. Internacionales	6
2.1.2. Nacionales	8
2.2. Bases teóricas	9

2.2.1. El concreto	9
2.2.2. Agregado fino	9
2.2.3. Agregado grueso	9
2.2.4. Cantera	10
2.2.5. Aire	10
2.2.6. Curado	10
2.2.7. Porqué se determina la resistencia a la compresión.	11
2.2.8. Tamaño máximo	11
2.2.9. Tamaño máximo nominal	11
2.2.10. Superficie Específica.....	11
2.2.11. Componentes del concreto	12
2.2.12. Propiedades principales del concreto fresco	15
2.2.13. Propiedades del Concreto Endurecido	17
2.3. Definición de Términos Básicos y Lista de Símbolos.....	21
2.3.1. Definición de Términos Básicos.....	21
2.3.2. Lista de Símbolos	22
CAPÍTULO III.....	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. Ubicación Geográfica de la Investigación.....	23
3.2. Origen de los Agregados	24
3.3. Materiales utilizados en los concretos de la investigación	26
3.3.1. Cemento.....	26
3.3.2. Agua.....	26
3.3.3. Agregados	26
3.3.4. Aire atrapado	26
3.4. Procedimientos de los Ensayos Experimentales.....	27
3.4.1. Normatividad de ensayos para Agregados y Concreto.....	27
3.4.2. Descripción de ensayos	28
3.4.3. Pasos para Diseños de Mezclas $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ '- Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.	49
3.4.4. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados	54

CAPÍTULO IV	57
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
CAPÍTULO V	75
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1. Conclusiones.....	75
5.2. Recomendaciones	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

INDICE DE TABLAS

Contenido	Pag.
Tabla 1 Consistencias y trabajabilidad según el asentamiento	16
Tabla 2 Tolerancia para asentamiento nominal	16
Tabla 3 Tolerancia permisible por edad de ensayo.....	18
Tabla 4 Normas para ensayos de agregados y concreto	27
Tabla 5 Tipos de Abrasión.....	42
Tabla 6 Cargas Abrasivas	42
Tabla 7 Resistencia promedio a la compresión requerida	50
Tabla 8 Resistencia promedio en función al control de calidad de la mezcla.	50
Tabla 9 Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.....	51
Tabla 10 Agua, Kg/m ³ de concreto para TM nominal de agregado indicado y % de aire estimado	51
Tabla 11 Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto	52
Tabla 12 Módulo de fineza de la combinación de agregado	53
Tabla 13 Cantidad de pruebas slump y testigos de concreto por cada mezcla y perfil de agregado grueso	56
Tabla 14 Análisis granulométrico del agregado fino.....	57
Tabla 15 Análisis granulométrico del agregado grueso TMN=1”.....	59
Tabla 16 Análisis granulométrico del agregado grueso TMN=1/2”.....	61
Tabla 17 Humedad del agregado fino.....	63
Tabla 18 Humedad del agregado grueso TMN=1/2”.....	63
Tabla 19 Humedad del agregado grueso TMN=1”	63
Tabla 20 Peso unitario suelto del agregado fino.....	64
Tabla 21 Peso unitario suelto de la PCH=1/2”	64

Tabla 22 Peso unitario suelto de la PCH=1”	64
Tabla 23 Peso unitario compactado del agregado fino.	65
Tabla 24 Peso unitario compactado de la PCH=1/2”	65
Tabla 25 Peso unitario compactado de la PCH=1”	65
Tabla 26 Peso específico de masa y absorción del agregado fino.	66
Tabla 27 Peso específico de masa y absorción de la PCH=1/2”	66
Tabla 28 Peso específico de masa y absorción de la PCH=1”	66
Tabla 29 Proporcionamiento de materiales por tanda.....	69
Tabla 30 Resistencias promedio de especímenes $f'c= 250 \text{ Kg/cm}^2$, en kg/cm^2	72
Tabla 31 Diferencia de resistencia a la compresión, en %.	73
Tabla 32 Tipos de cemento Portland	80
Tabla 33 Clasificación de agregados según el tamaño	80
Tabla 34 Clasificación de los agregados según su densidad.....	81
Tabla 35 Requisitos granulométricos de la ASTM C 33 para agregado fino	81
Tabla 36 Requisitos granulométricos de la ASTM C 33 para agregado grueso.....	82
Tabla 37 Control de pruebas slump por tamaño máximo nominal, edad y códigos de testigos de concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$	83
Tabla 38 Control de pruebas slump por tamaño máximo nominal, edad y códigos de testigos de concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$	84
Tabla 39 Resumen de los asentamientos del concreto fresco	85
Tabla 40 Cantidad total de materiales utilizados en la investigación	85
Tabla 41 Resultados obtenidos a la compresión $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$	91
Tabla 42 Resultados obtenidos a la compresión $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$	92
Tabla 43 Peso Unitario del Concreto Endurecido.....	93
Tabla 44 Peso Unitario del Concreto Endurecido.....	94

Tabla 45 Peso Unitario del Concreto Endurecido.....	95
Tabla 46 Peso Unitario del Concreto Fresco	96
Tabla 47 Peso Unitario del Concreto Fresco	97
Tabla 48 Peso Unitario del Concreto Fresco	98
Tabla 49 Resumen de propiedades de los agregados para diseños de mezclas	99

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Pag.
Figura 1. Gráfica de la superficie específica vs el tamaño del agregado.....	12
Figura 2. Gráfica de la Superficie Específica vs el tamaño del agregado.....	13
Figura 3. Ensayo de Asentamiento (Slump)	16
Figura 4. Rotura a carga axial de probetas.....	18
Figura 5. Ubicación y localización de la Cantera Arenera Jaén	23
Figura 6. Lecho del Río Amojú.	25
Figura 7. Ubicación y Localización de la cantera "Arenera Jaén".....	25
Figura 8. Agregado grueso de 1/2" y 1"	26
Figura 9. Cuarteo de muestra de arena fina.	28
Figura 10. Tamizado del agregado.....	29
Figura 11. Lavado del agregado fino	29
Figura 12. Peso húmedo del A. fino	31
Figura 13. Peso húmedo PCH 1/2"	31
Figura 14. Compactado de muestra de agregado fino.....	33
Figura 15. Enrasado de muestra de agregado fino.....	33
Figura 16. Vaciado del agregado grueso en el molde.....	34
Figura 17. Enrasado de la muestra de agregado grueso.....	34
Figura 18. Agregado grueso saturado con superficie seca.....	35
Figura 19. Peso del agregado grueso saturado con superficie seca	36
Figura 20. Peso del agregado grueso sumergido en agua.	36
Figura 21. Compactado del agregado fino (prueba de absorción).....	38
Figura 22. Arena saturada con superficie seca.....	38

Figura 23. Peso del picnómetro + peso de la muestra + agua.....	39
Figura 24. Agregado grueso después del ensayo a la Abrasión.....	41
Figura 25. Medida del asentamiento (slump).	44
Figura 26. Compactado de los especímenes de concreto.....	46
Figura 27. Eliminación de aire en el espécimen	46
Figura 28. Retiro del exceso de mezcla	47
Figura 29. Ensayo de compresión simple	49
Figura 30. Análisis granulométrico del agregado fino.....	58
Figura 31. Análisis Granulométrico del agregado grueso TMN=1”	60
Figura 32. Análisis Granulométrico del agregado grueso TMN ½”.....	62
Figura 33. % de dosificación en peso para concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$, TMN=1/2”	68
Figura 34. % de dosificación en peso para concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$, TMN=1”	68
Figura 35. Asentamiento promedio del concreto fresco para $f'c= 250 \text{ Kg/cm}^2$	70
Figura 36. Peso Unitario del concreto fresco.....	70
Figura 37. Peso Unitario del concreto endurecido.....	71
Figura 38. Resistencias promedio de especímenes de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$	72
Figura 39. Curva granulométrica del TMN= 1" corregido.	88
Figura 40. Curva granulométrica del TMB= 1/2" corregida.	90
Figura 41. Acopio de materiales.	109
Figura 42. Piedra chancada TMN=1”	109
Figura 43. Arena gruesa.....	109
Figura 44. Muestras en el laboratorio	109
Figura 45. Vaciado de arena en molde.....	109
Figura 46. Enrasado	109
Figura 47. Peso de muestra suelta.....	110

Figura 48. Compactado de muestra, PCH 1”	110
Figura 49. Compactado de muestra, PCH 1/2”	110
Figura 50. Cuarteo del agregado fino.	110
Figura 51. Lavado del agregado fino.	110
Figura 52. Tamizado.	110
Figura 53. Agregados húmedos.	111
Figura 54. Peso húmedo del agregado fino.	111
Figura 55. Secado de los agregados.	111
Figura 56. Agregado sumergido en agua	111
Figura 57. Obteniendo el estado superficialmente seco.	111
Figura 58. Peso sumergido.	111
Figura 59. Obteniendo el estado superficialmente seco.	112
Figura 60. Vaciando de arena en el pignómetro.	112
Figura 61. Baño de agua del pignómetro.	112
Figura 62. Agregado grueso después de la carga abrasiva.	112
Figura 63. Utilizando el tamiz N° 12.	112
Figura 64. Agregado retenido en el tamiz N° 12.	112
Figura 65. Peso del Agregado fino.	113
Figura 66. Peso del cemento.	113
Figura 67. Medida del contenido de agua.	113
Figura 68. Mezclado de los materiales.	113
Figura 69. Varillado en la prueba slump.	113
Figura 70. Cono de Abrams + mezcla.	113
Figura 71. Ensayo del slump.	114
Figura 72. Medida del slump.	114

Figura 73. Baño de agua del pignómetro.	114
Figura 74. Agregado grueso después de la carga abrasiva.	114
Figura 75. Utilizando el tamiz N° 12.	114
Figura 76. Curado de muestras.	114
Figura 77. Testigos secados para el ensayo a compresión.	115
Figura 78. Equipo para el ensayo a compresión.	115
Figura 79. Deformímetro	115
Figura 80. Ensayo a compresión.	115
Figura 81. Deformación total.	115
Figura 82. Falla a compresión.	115

ANEXOS

Contenido	Pag
ANEXO A TABLAS	80
ANEXO B DISEÑOS DE MEZCLAS	99
ANEXO C RESISTENCIAS NOMINALES DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES.....	108
ANEXO D PANEL FOTOGRÁFICO.....	109

RESUMEN

El impacto del tamaño máximo nominal del agregado grueso en el esfuerzo a la compresión del concreto es importante ya que de este parámetro depende el contenido de agua de diseño y posteriormente de la cantidad de cemento a requerir (factor cemento).

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1/2" y 1" en la resistencia a la compresión del concreto, en donde la intención fue que el agregado de tamaño máximo nominal de 1/2" tendría una resistencia mayor que el agregado de 1". Con estos dos tamaños de agregados se diseñó la investigación de tipo aplicativa, experimental y comparativo. Se realizó la investigación con agregado de la cantera de río "Arenera Jaén", cemento Pacasmayo Portland Tipo I y agua potable de la E.P. Marañón, el método de diseño de mezcla fue el "Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados" teniendo como resistencia de diseño f'_c de 250 kg/cm² para el concreto a los 28 días. Los ensayos realizados a compresión del concreto se hicieron a los 7, 14 y 28 días. Después de realizar los ensayos se observó que el concreto de tamaño máximo nominal 1/2" resiste más que el concreto elaborado con el tamaño máximo nominal de 1", debido a la mayor superficie específica. El concreto con el TMN=1/2" obtuvo una resistencia a compresión a los 28 días de 285.50 kg/cm², para el concreto DE TMN=1" se obtuvo una resistencia de 255.33 kg/cm² (disminuyendo en un 10.57%). Por lo cual se concluye que el tamaño máximo nominal de 1/2" es beneficiosa para mejorar la resistencia del concreto.

Palabras clave: tamaño máximo nominal, factor cemento, superficie específica, resistencia de diseño.

ABSTRACT

The impact of the maximum nominal size of the coarse aggregate on the compressive stress of the concrete is important since this parameter depends on the design water content and subsequently on the amount of cement to be required (cement factor).

The objective of the present investigation was to determine the influence of the maximum nominal size of the 1/2 "and 1" thick aggregate on the compressive strength of the concrete, where the intention was that the aggregate nominal maximum size of 1/2 "would have a Resistance greater than the aggregate of 1 ". With these two sizes of aggregates research was designed of application type, experimental and comparative. The research was carried out with aggregate of the "Arenera Jaén" quarry, Pacasmayo Portland Type I cement and drinking water from the EP. Marañón, the mix design method was the "Fineness Module of the Combination of Aggregates" having as design strength f_c of 250 kg / cm² for concrete at 28 days. The tests made to compress the concrete were done at 7, 14 and 28 days. After the tests were carried out, it was observed that the concrete of maximum nominal size 1/2 "resists more than the concrete elaborated with the nominal maximum size of 1", due to the greater specific surface. The concrete with the TMN = 1/2 "obtained a 28 day compressive strength of 285.50 kg / cm², for the concrete DE TMN = 1" a resistance of 255.33 kg / cm² was obtained (decreasing by 10.57%). Therefore, it is concluded that the maximum nominal size of 1/2 "is beneficial to improve the strength of the concrete.

Keywords: maximum nominal size, cement factor, specific surface, design resistance.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción, sus cualidades dependen de sus elementos y procesos de fabricación.

El agregado grueso es uno de los componentes del concreto que más porcentaje de intervención tiene en las mezclas, por lo tanto, no es de extrañarse que su tamaño (tamaño máximo nominal) influya en gran medida en la consistencia del concreto en estado fresco y en la resistencia a la compresión en su estado endurecido.

El esfuerzo a compresión que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), del agregado grueso y de la interface entre estos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregado grueso con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc.) pueden producir concretos de distintas resistencias.

El concreto informal elaborado a pie de obra por sus características de falta de control de calidad es muy susceptible de ocasionar fallas en las edificaciones en condiciones estáticas y ante eventos sísmicos. Claramente un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación. La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento. Cuando la trabajabilidad debe ser mejorada, el rediseño de la mezcla debe consistir en incrementar la cantidad de mortero en lugar de incrementar simplemente el agua y los finos (cemento). Debido a esto es esencial una cooperación entre el diseñador y el constructor para asegurar una buena mezcla de concreto. En algunos casos una menos mezcla económica podría ser la mejor solución. Y se deben prestar oídos sordos al frecuente pedido, en obra, de “más agua”.

Para demostrar la influencia del tamaño máximo nominal del agregado grueso se ha convenido trabajar con los tamaños de ½” y 1” con el fin de distinguir mejor los resultados a la compresión del concreto, se espera obtener una mayor resistencia a la compresión con el agregado de ½” a comparación con el de 1”, si fuera este el caso el uso de agregado grueso de menor tamaño máximo nominal requerirá de una mayor cantidad de cemento haciendo un concreto relativamente menos económico.

Ante este problema se formuló la siguiente interrogante de investigación: ¿Cómo influye el tamaño máximo nominal del agregado de ½” y 1”, a diferentes estados, del concreto usando cemento Portland tipo I y agregados de río, de la cantera “Arenera Jaén”, para un $f'c=250$ kg/cm²; en la ciudad de Jaén?

La respuesta o hipótesis a dicha incógnita quedó definida que, con la utilización del tamaño máximo nominal ½” en una proporción óptima y combinando con cemento Portland tipo I y agregados de río de la ciudad de Jaén; se obtiene un concreto con resistencia a la compresión de 250 kg/cm².

Para ello se trabajó con piedra chancada de ½” y 1” de forma angular y textura áspera, arena gruesa, dichos agregados fueron extraídos de la cantera del río Amojú , ubicada en el km 28+000 de la carretera Jaén – San Ignacio, cercano al caserío de Yanuyacu, perteneciente al distrito Bellavista, provincia de Jaén, región Cajamarca. Se trabajará con el agua de la E.P.S Marañón y el cemento será cemento Portland tipo I, la elaboración de las mezclas y probetas será trabajadas en el laboratorio de concreto de la Universidad Nacional de Cajamarca Sede Jaén.

Se elaboró probetas de concreto con los dos tipos de tamaño máximo nominal, cada cual con su factor cemento de acuerdo a su diseño para una resistencia a compresión de $f'c=250$ kg/cm², para evaluar sus propiedades tanto en estado fresco como en estado endurecido y comparar sus resultados.

Todos los ensayos pertinentes se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de acuerdo a las normas NTP (Norma Técnica Peruana) y ASTM (American Society for Testing and Materials).

Este trabajo de investigación se dividió en cinco capítulos. El capítulo I, contiene una Introducción donde hay una clara idea de la investigación el problema, los objetivos

a donde se quiere llegar y la hipótesis. El capítulo II, corresponde al Marco Teórico: aquí tratamos los Antecedentes Internacionales, Nacionales, Locales y Bases Teóricas de la investigación. El capítulo III, corresponde a Materiales y Métodos, donde se encuentra la ubicación geográfica de los materiales utilizados en la elaboración del concreto, su procedimiento y métodos. El capítulo IV, Análisis y Discusión de resultados, en este capítulo se explica de forma detallada los resultados obtenidos y comparaciones. Y por último, el capítulo V, Conclusiones y Recomendaciones de la investigación.

1.1. Planteamiento del Problema

Uno de los problemas que generalmente encuentran los constructores es la poca verificación del tamaño de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados.

Siendo muy variados las dimensiones de los elementos que requieren de concreto y teniendo la posibilidad de trabajar con agregado grueso de diferentes tamaños nominales, se requiere conocer cómo influye en la resistencia a la compresión del concreto el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo influye el tamaño máximo nominal del agregado de ½” y 1”, en la resistencia a la compresión del concreto, usando cemento Portland tipo I y agregados de río, de la cantera “Arenera Jaén”, para un $f'c=250$ kg/cm²; en la ciudad de Jaén?

1.3. Justificación de la Investigación

1.3.1. Aspecto social

Se sabe que la durabilidad del concreto está ligada a la durabilidad individual de sus componentes y de estos, los áridos son los señalados como principales modificadores de esta.

La importancia de obtener concreto de resistencia estable, de durabilidad óptima, con las proporciones adecuadas dependiendo de la proveniencia del agregado, debido a que muchos de los bancos de materiales no cuentan con la calidad suficiente para fabricar un concreto con las características requeridas. Por lo cual la razón principal del enfoque de esta investigación, es conocer la influencia del tamaño máximo nominal del agregado (TMN), como elemento que está directamente ligado con la cantidad de cemento.

Con lo cual se busca lograr mejorar las características del concreto, a base de utilizar el tamaño máximo nominal del agregado adecuado y darle a las edificaciones una mejor durabilidad además de resistencia.

Esta investigación servirá de base para realizar otros estudios de naturaleza similar y también será elemento de consulta para estudiantes, ingenieros proyectista e investigadores.

1.3.2. Aspecto económico

El uso del agregado grueso en función a su tamaño máximo nominal puede ser una variable para diferenciar la cantidad de cemento que obtienen las mezclas de concreto, resultando obtener mezclas económicas que cumplan con las especificaciones requeridas.

1.3.3. Aspecto técnico

Viendo en la necesidad de utilizar concreto en elementos de espesor reducido, presencia de gran cantidad de armadura, ductos o elementos embebidos: el ingeniero proyectista podrá reducir el tamaño máximo nominal del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido, se evite la excesiva segregación y se obtengan las propiedades especificadas para el concreto. Viendo esta problemática la propuesta presentada se basará cómo influye la

variación del tamaño máximo del agregado grueso en la resistencia a la compresión del concreto.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia del tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1/2” y 1” en la resistencia a la compresión a los de 7, 14 y 28 días , usando cemento Portland tipo I y agregado del Rio Amojú, para un $f'c=250$ kg/cm²; en la ciudad de Jaén.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de los agregados para el diseño de mezcla.
- Determinar la dosificación adecuada de los componentes del concreto
- Determinar el factor cemento en cada diseño.

1.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis general

Con la utilización del tamaño máximo nominal 1/2” en una proporción óptima y combinando con cemento Portland tipo I y agregados del río Amojú de la ciudad de Jaén; se obtiene un concreto 20% más resistente a la compresión, que utilizando un agregado de tamaño máximo nominal de 1”.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. Internacionales

Estrada, CG; Páez, R. 2014. Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto. Tesis Ing. Civil. México, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería. 201 p. En su investigación concluye que los agregados redondeados, que son los más baratos y con mayor disponibilidad, obtuvieron bajas resistencias que el agregado triturado. Afirmó que esto no significa que el agregado redondeado sea de baja calidad, puesto que los especímenes elaborados con este agregado alcanzaron su resistencia óptima; pero el agregado triturado superó dichos resultados de resistencia en 200 Kg/cm² y 250 Kg/cm², siendo la misma relación agua/cemento para el primer diseño en ambos casos de agregados (grava y grava triturada) y; así mismo, dos relaciones de agua/cemento diferentes en los diseños de 250 Kg/cm² y 300 Kg/cm².

Alvarado, NJ. 2010. Influencia de la morfología de pétreos: volcánicos, triturados y cantos rodados; correlacionando matemáticamente los módulos de elasticidad, estático y dinámico, en cilindros de concreto de 10cm x 20cm. Tesis Ing. Civil. México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería. 173 p. Afirma que la composición mineralógica, forma y textura de los agregados, varían de una zona a otra e incluso en el mismo lugar de donde se extraen. Por ello recomienda que todo dato deben tomarse con cautela y no dar por hecho que todos los materiales que presentan las mismas formas se comportarán igual.

Scanferla, LJ. 2010. Evaluación de los Agregados Localmente Disponibles para ser Empleados en Hormigones de Pavimentos. LEMaC: Centro de Investigación Vial. Tesis de Becarios. Argentina, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional la Plata. s.p La forma y la textura superficial de las partículas de un agregado influyen en las propiedades del concreto fresco más que las del concreto endurecido. Las partículas con textura áspera, angulares o elongadas requieren más agua para producir un concreto trabajable que agregados lisos, redondeados y compactos. Además, las partículas de agregado angulares requieren más cemento para mantener la misma relación agua-cemento. Sin embargo, con la granulometría satisfactoria, tanto

los agregados triturados como los no triturados (de un mismo tipo de roca), generalmente, producen concretos con la misma resistencia, si se mantiene el contenido de cemento.

Acosta, A; Cabrera, RD; Medina A. 2005. Influencia de la forma y la textura de los agregados gruesos en las propiedades del hormigón: Laboratorio de materiales de construcción. San Lorenzo, Paraguay, Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ingeniería. s.p. Acosta et al. (2005) en su investigación concluye que Cuando menor es el coeficiente de forma del agregado grueso, el hormigón tiene menor consistencia, que aquel concreto fabricado con agregados gruesos con mayor coeficiente de forma. así mismo afirma que a coeficientes de formas aproximadas y texturas diferentes, en las muestras de piedras basálticas trituradas con textura rugosa y Canto rodado con textura lisa, el concreto fabricado con canto rodado tiene una mayor consistencia, lo que nos indica la influencia de la textura en la consistencia.

Fernandez Canovas, M. 2005. Hormigón. Madrid. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 543 p. Afirma que la adherencia mecánica que permite la unión a escala macroscópica depende del estado superficial de los agregados. Es mayor cuanto más rugosa es la superficie y así, los agregados triturados proporcionan la mayor adherencia y resistencia del concreto, siendo, por tanto, empleados en pavimentos de aeropuertos y carreteras.

Chan, JL; Solis, R; Moreno, EI. 2003. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Yucatán, México. Ingeniería 7(2): 39-46. Afirma que la consistencia del concreto es afectada por diversas características de los agregados, tales como: La absorción, la forma, la textura superficial, el tamaño y la granulometría. En concretos fabricados con agregados triturados resistieron más que los de canto rodado; el esfuerzo de compresión a los 28 días para los concretos hechos con agregados gruesos de grava redonda estuvo entre el 10 y 20 % más bajos que los concretos preparados con agregados triturados. Lo anterior puede ser atribuido tanto a la superficie lisa de los agregados de canto rodado, como a su posible menor resistencia, en relación a los agregados triturados, que fueron de basalto y caliza. Los agregados se pueden calificar por su forma, en base a su grado de redondez y esfericidad, obteniéndose una medida relativa de carácter comparativo y descriptivo. La manera como esta característica puede influir en el concreto fresco es variable, logrando producir, por ejemplo, a mayor grado de redondeamiento menor relación de vacíos;

pero por otra parte un menor valor de este parámetro reduce la capacidad de compactación. Desarrollaron una investigación que consistió en la realización de ensayos con el fin de determinar cómo la absorción es quizás la propiedad del agregado que más influye en la consistencia del concreto, puesto que las partículas absorben agua directamente en la mezcladora, disminuyendo la manejabilidad de la mezcla. Si dos tipos de agregados tienen absorción similar, otros factores secundarios serán de importancia en la consistencia de la mezcla, tales como forma, tamaño y graduación; ya que mientras mayor superficie de agregado sea necesario cubrir con pasta, se tendrá menos fluidez. Una buena consistencia y manejabilidad de la mezcla se obtiene con la combinación de índices bajos de absorción y un coeficiente bueno de forma, en donde las partículas son aproximadamente redondas.

2.1.2. Nacionales

Gamarra, R. 2008. Influencia del perfil de agregado grueso sobre las propiedades del concreto de baja resistencia empleando portland tipo I. Tesis Ing. Civil. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. s.p. En su investigación concluye que en estado fresco el concreto con agregado de perfil redondeado describe un carácter aleatorio respecto al concreto con agregado de perfil angular, y en concreto endurecido arroja valores bastante aproximados en la resistencia a la compresión respecto a un concreto con piedra chancada.

Rivva López, E. 2000. Naturaleza y materiales del concreto. A Gómez. ACI Perú. Lima, Perú. 390 p. Afirma que la capacidad de adherencia entre la pasta y el agregado está influenciada por la textura superficial, forma, composición mineral, tamaño y limpieza del agregado. La textura superficial favorece más al agregado grueso que al fino. Para un mismo contenido de pasta, el empleo de agregado de perfil esférico tiende a disminuir la consistencia. Los agregados secos o altamente porosos pueden disminuir la consistencia, haciendo la mezcla seca, por la reducción en la cantidad de agua disponible para la mezcla. Así mismo afirma que la textura superficial del agregado influye en la resistencia del concreto endurecido por la adherencia con la pasta, es así que para texturas ásperas se obtiene mejores resistencias que para texturas suaves.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. El concreto

Según la norma E.060 del RNE (2014) el concreto es la mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos: cualquier cemento, que fragua y se endurece con agua debido a la reacción química entre el agua y el cemento es llamado cemento hidráulico.

Estrada y Páez 2014, ordinariamente, la pasta de cemento y agua constituyen del 25 al 40% del volumen total del concreto. El volumen absoluto de cemento está comprendido usualmente entre el 7 y 15%, el agua del 14 al 21% y el agregado constituye aproximadamente del 60 al 80% del volumen total del concreto.

2.2.2. Agregado fino

Rivva López, E. 1992, el agregado fino es aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasa por tamiz NTP 9.5mm (3/8”) y quedan retenidos en la malla 74 um (N° 200); cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

Los agregados finos pueden contener arena natural o manufacturada, o las dos combinadas; las partículas de estos agregados deberán ser limpias con un perfil de preferencia angular, duras, compactas y resistentes, para esto deberán estar libres de cantidades perjudiciales como son el polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales y algunas otras sustancias dañinas para la elaboración y desempeño del concreto.

2.2.3. Agregado grueso

Rivva López, E. 1992, el agregado grueso está constituido por grava natural o triturada, piedra partida, escorias de altos hornos o la combinación de todos estos; sus partículas deben ser limpias de preferencia angular o semiangular, duras compactas, resistentes y una textura de preferencia rugosa. Este el material es retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) cumpliendo con las normas establecidas en la NTP 400.037.

2.2.4. Cantera

Rivva López, E. 1992, una cantera es donde se extrae rocas y otros materiales usados en la construcción, generalmente a cielo abierto; Toda cantera tiene una vida útil, y una vez agotada, el abandono de la actividad suele originar serios problemas de carácter ambiental, principalmente relacionados con la destrucción del paisaje.

Las canteras deberá tener estudios geológicos, clasificación petrográfica y composición mineral de los materiales; propiedades y comportamiento del material como agregado acto para la elaboración del concreto; estas propiedades deberán ser aprobadas y certificadas por un laboratorio autorizado.

Para fines de muestreo y reducción de los agregados a tamaños de ensayo, se debe tener en cuenta las siguientes normas:

- Extracción y preparación de las muestras (NTP 400.010/ASTM D75).
- Reducción de las muestras a tamaño de ensayo (NTP 400.043/ASTM C702).

2.2.5. Aire

Rivva López, E. 1992, en toda mezcla de concreto hay presencia de aire y lo encontramos de dos formas; una es como aire atrapado o aire natural y la otra forma es como aire incorporado, esta segunda forma ha sido intencionalmente incorporado a la mezcla.

Para facilidad de diseño al aire atrapado ha sido relacionado al tamaño máximo nominal agregado grueso, a cual de acuerdo a la norma ASTM C 33 y/o ITINTEC 400.037 (Rivva López, E. 1992).

2.2.6. Curado

Abanto Castillo, 2013, el curado es el proceso en cual se debe mantener húmedo al concreto después de su colocación con el propósito de permitir la ración química entre el cemento y el agua, caso contrario si se seca muy rápido se producirá rajaduras superficiales y en consecuencia no alcanzara su resistencia especificada. El concreto logra a alcanzar el 70% de su resistencia especificada a los 7 días del vaciado y su resistencia final del concreto dependerá mucho de la humedad y temperatura en sus días iniciales.

2.2.7. Porqué se determina la resistencia a la compresión.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, $f'c$, del proyecto.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1999, los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

2.2.8. Tamaño máximo

Según la norma E.060 del RNE (2014) es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

2.2.9. Tamaño máximo nominal

Según la norma E.060 del RNE (2014) es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Define Tamaño Máximo Nominal como aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido (Rivva López, 2013, pág. 73).

Abanto Castillo, 2013, el porcentaje del primer retenido al tamizar el agregado deberá de ser el 15% o más.

2.2.10. Superficie Específica

Esta superficie es mayor o menor según el tamaño de los agregados. Cuando los agregados son pequeños su superficie es más elevada que cuando se trata de agregados gruesos.

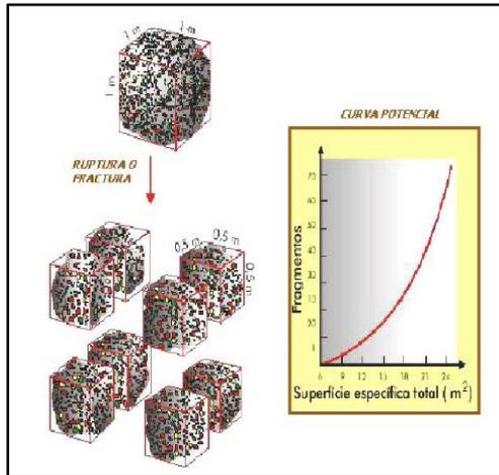


Figura 1. Gráfica de la superficie específica vs el tamaño del agregado

2.2.11. Componentes del concreto

2.2.11.1. Cemento

Instituto del concreto 1997, es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación. Los tipos del cemento Portland se indica en la tabla 32 - Anexo A.

2.2.11.2. Agua para Concreto

Alvarado 2010, generalmente se hace referencia a su papel en cuanto a la cantidad para proveer una relación agua/cemento acorde con las necesidades de trabajabilidad y resistencia, pero es evidente, que para usarla en el lavado de agregados, en la preparación de la mezcla o durante el curado del concreto, no solamente su cantidad es importante, sino también su calidad química y física.

Norma E.060 del RNE 2014, el lavado de los agregados se deberá hacer con agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión. El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable y, en caso de no serlo, debe ser agua limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que pueden ser dañinas al concreto o elementos embebidos.

2.2.11.3. Agregados

Rivva 2000, 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. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto.

Según la norma E.060 del RNE (2014), el tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

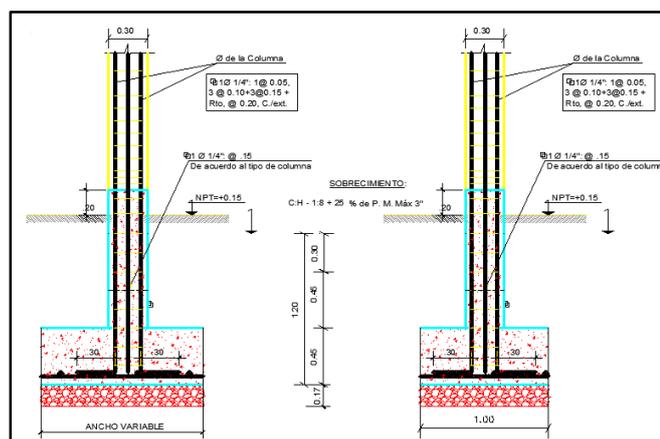


Figura 2. Gráfica de la Superficie Específica vs el tamaño del agregado

Según la norma E.060 del RNE (2014) el agregado grueso a utilizar en concretos armados podrá consistir de grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

2.2.11.3.1. Clasificación de los agregados

Alvarado, NJ. 2010, la clasificación de los agregados para concreto, generalmente se hacen desde el punto de vista de su procedencia, tamaño y densidad. Sin embargo también debería clasificarse según su forma y textura.

1) Clasificación según su procedencia

Según Lezama Leiva, J. (s.f.), los agregados según su procedencia se clasifican en: Agregados rodados (de origen natural y provenientes de las rocas sedimentarias), agregados de machaqueo (procedentes de rocas inalteradas, sanas, duras, compactas y se obtienen mediante trituración artificial), agregados artificiales (Provenientes de los residuos industriales y utilizados en la fabricación de concretos ligeros) y agregados especiales (de origen natural o artificial, con mayor peso que los agregados normales y empleados en concretos expuestos a radiaciones atómicas).

2) Clasificación según su tamaño.

Rivva López, E.2000, los agregados para concreto, según su tamaño se clasifican en agregado fino y grueso, pero casi siempre los limos y arcillas se encuentran adheridos a ellos. El Instituto del Concreto clasifica a los agregados naturales según su tamaño como lo indica la Tabla 33 -Anexo A.

Instituto del Concreto 1997, el contenido de arcilla y limo en una mezcla de concreto, es un factor que se debe limitar porque cuando hay exceso de las mismas, hacen que sean mayores los requerimientos de agua y pueden restar adherencia entre el agregado grueso y la pasta de cemento.

2.2.11.3.2. Funciones del agregado en el concreto

Según Rivva López, E.2000, las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de ésta por unidad de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de la unidad cúbica de concreto.
- Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o del intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

2.2.12. Propiedades principales del concreto fresco

Según Rivva López, E.2000, las propiedades del concreto en estado fresco incluyen la consistencia, trabajabilidad, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación y peso unitario. Para efectos de esta investigación se da mayor énfasis a la consistencia y trabajabilidad.

2.2.12.1. Consistencia

Según Rivva López, E.2000, propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

Instituto del concreto 1997, es la habilidad del mortero y concreto fresco para fluir, es decir la capacidad de adquirir la forma de los encofrados que los contienen.

Gamero, O. 2008, el método de determinación empleado es el ensayo del Cono de Abrams ó slump (NTP 339.035 y ASTM C 143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento (es decir, cuanto más húmeda es la mezcla, mayor es el asentamiento), medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica, el asentamiento resulta ser 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 recubría.

Speicher, MB. 2007, el asentamiento es un índice de la consistencia del concreto, relacionado con su estado de fluidez la Tabla 1 muestra rangos de asentamiento en centímetros que definen la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco.

Estrada y Páez 2014, la consistencia se modificada fundamentalmente por variaciones del contenido de agua de la mezcla. En los concretos bien proporcionados, el contenido necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores, se requiere más agua con agregados de forma angular y textura rugosa, reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado.

Tabla 1
Consistencias y trabajabilidad según el asentamiento

Consistencia	Asentamiento (pulg.)	Trabajabilidad
Seca	0 – 2	Baja
Plástica	3 – 4	Media
Fluida o húmeda	5 a mas	Alta

Fuente: Gamero, O. (2008)



Figura 3. Ensayo de Asentamiento (Slump)

Cuando las especificaciones del asentamiento no se dan como requisito máximo la NTP 339.114 – Concreto premezclado, da algunas tolerancias, cuyos valores se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2
Tolerancia para asentamiento nominal

Asentamiento especificado	Tolerancia
0 – 2	(+-) 13 mm (1/2")
2" – 4"	(+-) 25 mm (1")
> 4"	(+-) 38 mm (1.5")

Fuente: NTP 339.114

2.2.12.2. Trabajabilidad

Gamero, O. 2008, es aquella propiedad del concreto que determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad, así como para ser acabado sin que se

presente segregación. Puede ser clasificada según el asentamiento de la mezcla en baja, media y alta.

2.2.13. Propiedades del Concreto Endurecido

Según Rivva López, E.2000, las propiedades más importantes del concreto en estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas y apariencia.

2.2.13.1. Resistencia

Estrada, CG; Páez, R. 2014, la resistencia del concreto endurecido es la propiedad más importante para cumplir con la exigencia estructural, por lo que usualmente es considerada como la propiedad más valiosa del concreto; sin embargo no debemos olvidar que en muchas ocasiones otras características como la durabilidad y la permeabilidad, resultan ser más importantes.

Estrada, CG; Páez, R. 2014, el concreto es un material que resiste a las solicitaciones de compresión, tracción y flexión; la resistencia que presenta frente a los esfuerzos de compresión es la más elevada de todas, siendo unas diez veces superior a la de tracción, y es la que más interés presenta en su determinación, dado que en la mayor parte de las aplicaciones del concreto se hace uso de esa capacidad resistente ya que, por otra parte, la resistencia a compresión es un índice muy fácil de determinar de la magnitud de otras muchas propiedades del mismo. En general, las especificaciones del concreto exigen una resistencia a la compresión determinada a los 28 días, obteniéndose esta de forma nada complicada a través del ensayo a compresión.

2.2.13.1.1. Resistencia a la compresión del concreto

Según Ottazzi, G. 2004, el valor de f'_c (resistencia a la compresión) se utiliza generalmente como indicador de la calidad del concreto. Es claro que pueden existir otros indicadores más importantes dependiendo de las solicitaciones y de la función del elemento estructural o estructura. Las Normas o Códigos relacionan muchas de las características mecánicas del concreto (módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, resistencia al corte, adherencia, etc.) con el valor de f'_c . La resistencia a la compresión se determina a partir de ensayos de laboratorio en probetas estándar cargadas axialmente. Este ensayo se utiliza para monitorear la resistencia del concreto tanto para

el control de la calidad como para la aceptación del concreto fabricado. La confección de las probetas y el ensayo están regulados por las Normas ASTM.

La Fig. 4 muestra el ensayo a compresión de un testigo de concreto, cuando éste alcanza la ruptura.



Figura 4. Rotura a carga axial de probetas

La Tabla 3, muestra las tolerancias permisibles para realizar las rupturas de especímenes de concreto a diferentes edades.

Tabla 3
Tolerancia permisible por edad de ensayo

Edad del ensayo (días)	Tolerancia permisible
1	± 0,5h ó 2,1 %
3	±2h ó 2,8 %
7	± 6h ó 3,6 %
28	± 20h ó 3,0 %
90	± 48h ó 2,2 %

Fuente: NTP 339.034

2.2.13.1.2. Evolución de la resistencia a compresión del concreto

Según Valcuende, M; Marco, E; Jardón, R; Gil, A. 2009, el incremento de resistencia del concreto es mayor en las primeras edades, ralentizándose el proceso con el paso del tiempo hasta que se estabiliza. Normalmente se adopta como patrón la resistencia a la edad de 28 días, habiéndose alcanzado a esa edad gran parte de la resistencia total.

Según Valcuende, M; Marco, E; Jardón, R; Gil, A. 2009, los factores que más influyen sobre la velocidad de endurecimiento del concreto son las características del cemento, el proceso de curado y el empleo de aditivos.

Según el Código Modelo CEB-FIP 1990 (Comité Euro-Internacional del Hormigón y la Federación Internacional del Pretensado), se llega a establecer la evolución de la resistencia del concreto en el tiempo de forma aproximada, tomando la ecuación (1).

$$f'_{c(d)} = K_{(d)} * f'_{c28} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Donde $K_{(d)}$, es un coeficiente como lo expresa la ecuación (2).

$$K_{(d)} = e^{\left[S \left(1 - \sqrt{\frac{28}{d}} \right) \right]} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Siendo:

- $f'_{c(d)}$ = Resistencia a compresión del concreto a la edad “d”, en días.
- f'_{c28} = Resistencia a compresión del concreto a edad de 28 días.
- S= Coeficiente que depende del tipo de cemento y que adopta los valores:
 0,2 Para cementos de endurecimiento rápido y de alta resistencia.
 0,25 Para cementos de endurecimiento normal o rápido.
 0,38 Para cementos de endurecimiento lento.
- d= Edad teórica o equivalente del concreto a una temperatura de 20°C.

Según Valcuende, M; Marco, E; Jardón, R; Gil, A. 2009, la evolución de la resistencia del concreto depende también de la temperatura de conservación, evolucionando más rápidamente cuando mayor es la temperatura, pues esta actúa como catalizador de las reacciones de hidratación del cemento. Para poder relacionar la evolución de la resistencia con la temperatura se utiliza el concepto de madurez: Dos concretos de igual dosificación pero de distinta edad tienen la misma resistencia si tienen la misma madurez.

La madurez “m” es el producto de la temperatura por el tiempo de actuación de la misma. La expresión utilizada es la ecuación (3).

$$m = \sum_{i=1}^t [(T_i + 10)t_i] \quad \dots\dots\dots (3)$$

Donde

T_i =Temperatura de conservación del concreto.

t_i = Tiempo de actuación de la temperatura T_i en días.

En el caso particular de concretos sometidos durante “d” días a una temperatura constante de 20 °C, la expresión anterior sería:

$$m = 30 d \quad \dots\dots\dots (4)$$

Igualando las dos expresiones anteriores y despejando “d”, se tiene:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^t [(T_i + 10)t_i]}{30} \quad \dots\dots\dots(5)$$

Esta edad “d” se denomina edad teórica o equivalente de un concreto, y es el tiempo que ha de permanecer dicho concreto a la temperatura de referencia de 20°C para alcanzar la misma madurez (y, por lo tanto la misma resistencia) que si hubiese estado durante t_i días reales a una temperatura de T_i .

2.2.13.2.Durabilidad

Según Estrada, CG; Páez, R. 2014, el concepto de durabilidad del concreto se asocia a la capacidad del mismo de mantenerse en servicio durante el tiempo para el cual la estructura de la que forma parte ha sido proyectada. En otras épocas se creía que el concreto tenía una gran durabilidad, pero hoy en día se ve que ésta es limitada ya sea por causas relacionadas con el medio (heladas, ataques por sulfatos del terreno) o por causas internas (reacción álcali-agregado).

Según Gamero, O. 2008, un concreto durable es aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicios a las cuales él está sometido.

2.3. Definición de Términos Básicos y Lista de Símbolos

2.3.1. Definición de Términos Básicos

Agregado: Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. (Norma E.060 del RNE 2014).

Agregado fino: Proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8"). (Norma E.060 del RNE 2014).

Agregado grueso: Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. (Norma E.060 del RNE 2014).

Asentamiento del Concreto: Es la diferencia entre la altura del recipiente que sirve de molde de una probeta de concreto fresco y la de la probeta fuera del molde, medida en el eje y expresada en pulgadas. (Absalón, VM; Salas R.A. 2008).

Cemento portland: Producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. (Norma E.060 del RNE 2014).

Concreto: Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivo. (Norma E.060 del RNE 2014).

Diseños de mezcla: Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto. (Absalón, VM; Salas R.A. 2008).

Pasta: Es una mezcla de cemento y agua. (Norma E.060 del RNE 2014).

Relación agua/cemento: Es el cociente entre el peso del contenido de agua libre de mezclado y el de cemento en una mezcla dada. (Absalón, VM; Salas R.A. 2008).

Resistencia especificada a la compresión del concreto (f'_c): Resistencia a la compresión del concreto empleada en el diseño y resistencia guía. (Norma E.060 del RNE 2014).

Testigos de concreto: Especímenes que sirven para determinar por lo general las resistencias mecánicas del concreto y llevar el control de calidad del mismo. (Absalón, VM; Salas R.A. 2008).

Trabajabilidad: Es la mayor o menor facilidad que presenta un concreto o mortero de ser mezclado, transportado y colocado. (Absalón, VM; Salas R.A. 2008).

Concreto masivo: Concreto colado en la obra en volúmenes suficientemente grandes para requerir medidas que compensen los cambios de volumen causados por el aumento de la temperatura debido al calor de hidratación, a fin de que el agrietamiento sea el mínimo (Portland Cement Association, 2004, pág. 399).

Control de calidad: Acciones que toma un productor o un constructor para asegurar un control sobre lo que se está ejecutando y lo que se está suministrando, para asegurar que se están cumpliendo con las especificaciones y normas de aplicación y con las prácticas correctas de ejecución (Chur Perez, 2010).

2.3.2. Lista de Símbolos

ACI.- American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).

ASTM.- American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).

A.S.S.H.T.O.- American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de transportes del Estado y Transportes oficiales).

cm.- Centímetros.

f 'c.- Resistencia a la compresión.

gr.- Gramo.

Kg.- Kilogramo.

kg/m³.- Unidad que representa peso volumétrico

kg/cm².- Unidad que representa el peso que se ejerce sobre un área determinada en centímetros.

Mpa.- Mega pascales.

m.- Metro.

ml.- Mililitros.

NTP.- Normas Técnicas Peruanas.

Pulg.- Pulgada.

PCH.- Piedra chancada.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se realizó tomando como base los agregados pétreos de río Amojú extraídos por la empresa “Arenera Jaén”, está ubicada en el km 28+000 de la carretera Jaén – San Ignacio, a proximidades del caserío de Shanango, en el distrito y provincia de Jaén de la región Cajamarca, con coordenadas UTM WGS-84: E= 749,547.64m y N= 9'374,611.34m; así como se observa en la Figura 5.

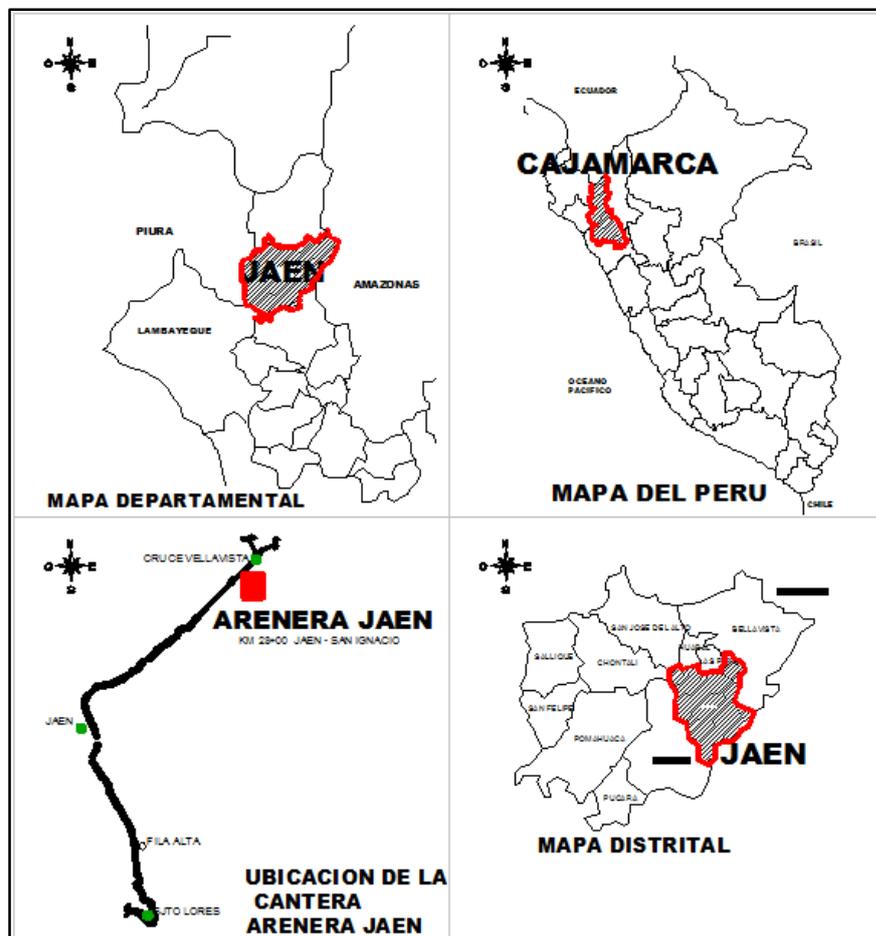


Figura 5. Ubicación y localización de la Cantera Arenera Jaén

La empresa Arenera Jaén extrae el material natural de la río Amojú, el acopio de materiales se ubica en el mismo lugar Figura5.

Para determinar las propiedades de los agregados se alquilaron los equipos del laboratorio de EMS Magma de la ciudad de Jaén, por la disponibilidad de todos los equipos y herramientas necesarios para la realización de ensayos.

La elaboración de mezclas, pruebas de asentamiento, elaboración y curado de especímenes de concreto se realizará en el campus de la Universidad Nacional de Cajamarca - sede Jaén, ubicado en la calle Marieta N°801, de la ciudad de Jaén.

La ruptura de especímenes de concreto a diferentes edades se realizará en el laboratorio de EMS de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca – sede Jaén.

Esta investigación se realizó desde inicios del mes de agosto hasta fines del mes de noviembre del 2016, en el distrito y provincia de Jaén en la región Cajamarca.

3.2. Origen de los Agregados

Los agregados extraídos de la cantera Arenera Jaén ubicadas a orillas del Río Amojú; está constituida por depósitos aluvio fluviales (hormigón).

Estos depósitos están compuestos por material granular gravo arenoso pobremente gradados con escaso fino (hormigón), los mismos que son procesados en el mismo lugar, donde existe una planta procesadora que permite obtener piedra chancada de diferentes dimensiones así como arena gruesa. Las aguas que generan la esorrentía del Río Amojú, provienen de los pueblos de la parte alta de la ciudad (San Francisco, La Cascarilla, La Rinconada, Santa María, etc.), en los encontramos pequeños manantiales, puquios, generan el cauce del río.

El Río Amojú, desde sus inicios aguas arriba, se ve lleno de vegetación, y en temporadas lluviosas arrastra hasta la ciudad material orgánico que en el presente informe se debe de tener en cuenta para su análisis. Su geología corresponden a depósitos cuaternarios aluvio fluviales; suelos gravo arenosos con escasos finos, predominan elementos de formas redondeadas a sub redondeadas.

Derivan de la descomposición de rocas que conforman el basamento rocoso a lo largo del eje de la quebrada aguas arriba de la cantera, mayormente de origen volcánico

perteneciente a la formación Oyotún y en menor proporción calizas de la formación Chulec y areniscas del grupo Goyarisquizga.



Figura 6. Lecho del Río Amojú.



Figura 7. Ubicación y Localización de la cantera "Arenera Jaén"

3.3. MATERIALES UTILIZADOS EN LOS CONCRETOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Cemento

El cemento Pacasmayo utilizado es del Tipo I, denominado también portland normal, con peso específico relativo de 3,15.

3.3.2. Agua

El agua utilizada provino de la red de abastecimiento de agua potable de la EPS Marañón S.R.L. de la ciudad de Jaén. El agua se utilizó a temperatura ambiente (20,5°C) y sin alteración alguna para la elaboración de mezclas.

3.3.3. Agregados

El agregado fino y los dos tamaños de agregado grueso (1/2" y 1") se extrajeron de la Cantera "Arenera Jaén". La arena gruesa y la piedra chancada de 1/2" y 1" se extrajeron del acopio de materiales, después del proceso de trituración de las rocas de la mencionada cantera. (Figura 8)



Figura 8. Agregado grueso de 1/2" y 1"

3.3.4. Aire atrapado

Según la Tabla 10, Rivva López, E.1992., el aire atrapado en el concreto depende del tamaño máximo del agregado, de esta manera para un tamaño máximo nominal de 1/2", le corresponde aproximadamente un 2.5% de aire atrapado por unidad cúbica de concreto y para un tamaño máximo nominal de 1", le corresponde aproximadamente en 1.5% de aire atrapado por unidad cúbica de concreto.

3.4. PROCEDIMIENTOS DE LOS ENSAYOS EXPERIMENTALES

3.4.1. Normatividad de ensayos para Agregados y Concreto

Los ensayos de las propiedades de los agregados y el concreto se realizaron de acuerdo a la norma nacional NTP. Se muestra a detalle en la Tabla 4.

Tabla 4
Normas para ensayos de agregados y concreto

Ensayo	Norma Peruana
Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	NTP 400.012; 2013
Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado	NTP 339.185; 2013
Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados	NTP 400.017; 2011
Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso	NTP 400.021; 2013
Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino	NTP 400.022; 2013
Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland	NTP 339.035; 2009
Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio	NTP 339.183; 2013
Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas	NTP 339.034; 2008
Diseño de Mezclas	Método del Módulo de Fineza

3.4.2. Descripción de ensayos

3.4.2.1. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global según la NTP 400.012 – 2013.

Equipos

- Balanzas: Para agregado fino con aproximación y exacta de 0,1 g, para agregado grueso con aproximación y exacta a 0,5 g; ó 0,1% de la masa de la muestra.
- Tamices: 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.
- Horno: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Muestreo

Se tomó la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010 y se redujo a la cantidad necesaria. En la Figura 9, se aprecia la reducción de la muestra a tamaño de prueba usando el procedimiento de cuarteo.



Figura 9. Cuarteo de muestra de arena fina.

Se escogió aproximadamente 6 Kg tanto de 1/2" como de 1" para que sea la muestra de prueba para agregado grueso y 500 g para el agregado fino.

Procedimiento

- a) Pesamos las muestras de agregado fino y agregado grueso.
- b) Se lava la muestra de agregado fino utilizando agua pura. El agua de lavado decantada, contenido de material suspendido y disuelto se pasa a través de un tamiz 75 μm (N° 200).
- c) Se secó la muestra hasta que su masa sea constante a una temperatura de 110 °C.
- d) Se colocaron los tamices en orden decreciente de tamaño. Luego se puso la muestra desde la parte superior de los tamices y se agitaron manualmente. (Figura 10).
- e) Después del cribado general se dio un cribado individual (por tamiz). La operación terminó cuando en el transcurso de un minuto no pasaba más del 1% en peso del material retenido en cada tamiz.
- f) Finalmente se determinó y registró la masa retenida en cada tamiz en gramos.



Figura 10. Tamizado del agregado



Figura 11. Lavado del agregado fino

Cálculos

- a) Se realizó una Tabla con cinco columnas, en la primera se escribió los números de los tamices en orden decreciente.
- b) En la segunda columna se anotaron las masas retenidas en los respectivos tamices.
- c) En la tercera columna se anotaron los porcentajes del material retenido en cada malla, respecto a la masa total de la muestra, mediante la fórmula 6.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{W_N}{\sum W_T} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

% Retenido = Porcentaje retenido en la malla N respecto a la masa original, en %.

W_N = Masa del material retenido en la malla N, en gramos.

$\sum W_T$ = Suma de las masas retenidas de la columna 2, en gramos.

- d) En la cuarta columna se anotaron los porcentajes retenidos acumulados de la siguiente manera:

% Retenido Acumulado = % Retenido en la malla N + % Retenido Acumulado en la malla anterior

- e) En la columna cinco se anotaron los porcentajes que pasa de la siguiente manera:

% Que pasa = 100 – % Retenido Acumulado en la malla N

- f) El módulo de fineza de la arena se calculó dividiendo la sumatoria de los % retenidos acumulados de la cuarta columna, de los tamices N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 3/4", 1 1/2" y 3" entre 100.

3.4.2.2. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado NTP 339.185 – 2013.

Equipos

- Balanza con sensibilidad de 0.1 gramos.
- Recipiente adecuado para colocar la muestra.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de 110 °C.

Procedimiento

- a) Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito y se determinó dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda).
- b) Se colocó el recipiente con la muestra a una estufa y se secó durante 24 horas a una temperatura de 110°C.
- c) Luego se pesó el recipiente con la muestra seca (peso del recipiente + muestra seca) y se determinó la cantidad del agua evaporada y peso de la muestra seca.

$$H = (\text{peso del recipiente} + \text{muestra húmeda}) - (\text{peso del recipiente} + \text{muestra seca})$$

$$MS = (\text{peso del recipiente} + \text{muestra seca}) - (\text{Peso del recipiente})$$



Figura 12. Peso húmedo del A. fino



Figura 13. Peso húmedo PCH ½”

Cálculos:

$$\%W = \frac{H}{MS} \times 100 \quad \dots\dots\dots(7)$$

Donde:

H= Peso del agua evaporada o contenido de agua

MS = Peso de la muestra seca

% W= porcentaje de humedad

3.4.2.3. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados NTP 400.017 – 2011.

Equipos

- Balanza: Con aproximación de 1gramo.
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Recipiente de Medida: Cilíndricos metálicos con precisión en sus medidas interiores y de volumen conocido.
- Cuchara de Mano: Para verter el agregado en el molde.

Procedimiento para peso compactado

- a) Se tomó el agregado y se cuarteó para obtener una muestra representativa.
- b) Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se niveló la superficie con la mano.
- c) Se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compactó con 25 golpes como antes. (Figura 14).

- d) Finalmente, se llenó la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se eliminó utilizando una regla metálica, como se muestra en la Figura 15.



Figura 14. Compactado de muestra de agregado fino.



Figura 15. Enrasado de muestra de agregado fino.

- e) Al compactar la primera capa, se procuró que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se empleó la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.
- f) Se determinó el peso del recipiente más su contenido y el peso del recipiente sólo y se registraron los pesos con una aproximación 1 gramo.

Determinación del Peso Suelto

- g) El recipiente de medida se llenó con una cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 2" por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se eliminó y luego se niveló la superficie usando la barra lisa. (Figura 16 y 17).

h) Luego se determinó el peso del recipiente de medida más su contenido y también el peso del recipiente solo y se registraron los pesos con una aproximación de 1g.



Figura 16. Vaciado del agregado grueso en el molde.



Figura 17. Enrasado de la muestra de agregado grueso.

Cálculos

El peso unitario compactado o suelto, se calcula como sigue:

$$M = \frac{(G-T)}{V} \dots\dots\dots(8)$$

Donde:

M = Peso Unitario del agregado en g/cm³.

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en g.

T = Peso del recipiente de medida en g.

V = Volumen de la medida en cm³.

3.4.2.4. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso NTP 400.021-2013.

Equipo

- Balanza: Sensible a 0,1 g y con capacidad de 5000 gramos y Equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre.
- Cesta con malla de alambre: Con abertura de tamiz N° 6.
- Depósito de agua: Para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- Horno: De tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C.
- Una franela

Procedimiento

- a) Se colocó aproximadamente 3 a 4 Kg de material en un depósito. Seguidamente se sumergió el agregado en agua a temperatura ambiente por un lapso de 24 h.
- b) Después de transcurrido el tiempo de reposo, se decantó el depósito y se escurrió el agua, quedando el material húmedo y saturado. Luego se sacó la muestra del agua y se hizo rodar sobre una franela, hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible de la superficie del agregado.(Figura 18).



Figura 18. Agregado grueso saturado con superficie seca.

- c) Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca y con una aproximación de 0,1 g como lo muestra la Figura 19.



Figura 19. Peso del agregado grueso saturado con superficie seca

- d) Después de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso en agua (a una temperatura de 23°C), densidad 1 g/cm³. Mientras se sumergía se sacudió la malla para remover todo el aire atrapado. (Figura 20).



Figura 20. Peso del agregado grueso sumergido en agua.

- e) Finalmente se secó la muestra hasta peso constante, a una temperatura de 110°C (Figura 15) y se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 h, hasta que la temperatura era cómoda al tacto (aproximadamente 50°C) y luego se pesó.

Cálculos

- Peso específico de masa (Pe)

$$Pem = \frac{A}{B - C} \dots\dots\dots(9)$$

- Absorción (Ab)

$$Ab.(%) = \frac{B - A}{A} \times 100 \dots\dots\dots(10)$$

Donde:

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

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

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

3.4.2.5. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino NTP 400.022 – 2013.

Equipo

- Balanza: Sensible a 0,1g del peso medio y con capacidad de 1000 g.
- Frasco: Picnómetro volumétrico de 500 cm³ de capacidad.
- Molde Cónico: Metálico de 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm de altura.
- Barra Compactadora de metal: De 340g de peso con un extremo de superficie plano circular de 25 mm de diámetro.
- Horno: Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C.

Preparación de muestra

- a) Se colocó en un depósito aproximadamente 500g del agregado fino, obtenido por método del cuarteo.

- b) Se cubrió la muestra con agua y se dejó reposar durante 24 horas.

- c) Luego se extendió sobre un recipiente plano y amplio y se puso a secar a temperatura ambiente. Se removió la muestra con frecuencia para garantizar un secado uniforme.
- d) Se siguió con esta operación hasta que los granos de agregado no se adherían marcadamente entre sí.
- e) Luego se colocó el agregado fino en el molde cónico, se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levantó el molde verticalmente (Figura 17). Como el cono del agregado fino mantenía su forma dio a entender que aun la muestra estaba húmeda, entonces se siguió con el secado, revolviendo constantemente y se probó a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbó al quitar el molde. Esto significó que el agregado fino alcanzó una condición de superficie seca. (Figura 22).



Figura21. Compactado del agregado fino (prueba de absorción).



Figura22. Arena saturada con superficie seca

Procedimiento de ensayo

- a) Se introdujo de inmediato en el frasco una muestra de 500g del material preparado, se llenó de agua cerca de la marca de 500 cm³ a una temperatura aproximada de 23°C.
- b) En seguida se agitó el frasco hasta eliminar todas las burbujas de aire, después se colocó en un baño de agua a temperatura aproximada de 23°C.
- c) Después de una hora se llenó con agua hasta los 500 cm³ y se determinó el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0,1gramos. (Figura 23)



Figura 23. Peso del picnómetro + peso de la muestra + agua

- d) Se sacó el agregado fino del frasco, se secó en el horno a una temperatura de 110°C, luego se enfrió a temperatura ambiente durante una hora y se pesó.

Cálculos:

- Peso específico de masa (Pen).

$$Pem = \frac{K}{L + N - M} \dots\dots\dots(11)$$

- Absorción (Ab).

$$Ab = \frac{N - K}{K} \times 100 \quad \dots\dots\dots(12)$$

Dónde:

K=Peso de la muestra secada al horno, en gramos.

L=Peso del picnómetro y agua al ras, en gramos.

M=Peso del picnómetro, muestra y agua al ras en gramos.

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

N-K=Peso del agua, para obtener la condición de saturada con superficie seca.

3.4.2.6. Abrasión por la máquina de los Ángeles (ASTM C-131).

La resistencia a la abrasión, desgaste o dureza de un agregado, es una propiedad que depende principalmente de las características de la roca madre. Este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual agregados que se utilizan deben de estar duros. Esta es la prueba que más se aplica para averiguar la calidad global estructural del agregado grueso. Este método establece el procedimiento a seguir para determinar el desgaste por abrasión del agregado grueso, menor de 1 1/2" (38 mm), utilizando la máquina de los ángeles (NTP 400.019 ó ASTM C-131).

El procedimiento para determinar el desgaste por abrasión de agregado grueso mayor a 3/4" (19 mm) utilizando la máquina de los ángeles, se describe en ASTM C-535. El porcentaje de desgaste determinado en ambas condiciones (ASTM C-131 y ASTM C-535) no es el mismo.

La muestra consistirá de agregado limpio y debe ser representativa del material que se vaya a ensayar.

Una vez que se alcanza en número requerido de revoluciones del tambor, se tamiza el agregado para determinar el porcentaje de agregado que ha sido reducido hasta un tamaño menor que 1.7 mm (tamiz 12).



Figura 24. Agregado grueso después del ensayo a la Abrasión.

Especificaciones Técnicas

En los agregados gruesos ensayados al desgaste, según el método ITINTEC (400.019) y (400.020), se aceptara una perdida no mayor del 50% del peso original.

Se recomienda que los agregados a usarse en construcciones sujetos a fuertes fraccionamientos, presenten un porcentaje de desgaste inferior al 30% y hasta un 40% cuando se utilicen en estructuras no expuestas a la abrasión directa.

En la Tabla 5, se muestra la clasificación en grupos como A, B, C, D en función de los pesos de las muestras según su tamaño para el ensayo de abrasión.

Tabla 5
Tipos de Abrasión

Tamaño de los Tamices (Abertura gradadas)		Peso de los tamaños indicados (g)			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
37,50 mm (1 ½")	25,40 mm (1")	1250 ± 25	-----	-----	-----
25,40 mm (1")	19,00 mm (¾")	1250 ± 25	-----	-----	-----
19,00 mm (¾")	12,70 mm (½")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
12,70 mm (½")	9,51 mm (⅜")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
9,51 mm (⅜")	6,35 mm (¼")	-----	-----	2500 ± 10	-----
6,35 mm (¼")	4,76 mm (n°4)	-----	-----	2500 ± 10	-----
4,76 mm (n°4)	2,36 mm (n°8)	-----	-----	-----	5,000 ± 10

Fuente: ITINTEC 350.001

Carga Abrasiva

La carga abrasiva consiste en esferas de acero de 4,7 cm de diámetro cada una con peso entre 390g y 445g.

En la Tabla 6, se presentan las cargas abrasivas según su clasificación en grupo, Carga abrasiva según el número de esferas.

Tabla 6
Cargas Abrasivas

Gradación	Número de esferas	Peso de las esferas (g)
A	12	5,000 ± 25
B	11	4,584 ± 25
C	8	3,300 ± 25
D	6	2,500 ± 25

Fuente: N.T.P, ITINTEC 400.019 (2002).

El porcentaje de desgaste (De) está dado por la diferencia entre el peso original (W0) y el peso final (Wf), expresado como porcentaje del primero, ecuación 13.

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \quad \dots\dots\dots(13)$$

Dónde:

W_0 = Peso original de la muestra (g)

W_f = Peso final de la muestra (g)

De = Porcentaje de desgaste (%)

$W_0 - W_f$ = Material fino.

3.4.2.7. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland según la NTP 339.035 - 2009 y ASTM C 143.

Equipos

- Cono de Abrams: Molde de forma tronco cónica de 20 cm de diámetro en la base inferior y 10 cm en la base superior, con altura de 30 cm.
- Barra compactadora: De acero lisa de 5/8" (16 mm) de diámetro con punta semiesférica y de aproximadamente 60 cm de longitud.
- Wincha: Para medir el asentamiento.

Procedimiento

- a) Se humedeció el molde y se colocó sobre una placa de acero liso, no absorbente.
- b) Se apoyó firmemente el molde sobre la base colocando y presionando con los dos pies los estribos del molde. Se evitó mover los pies durante el llenado del molde, para no fallar el ensayo.
- c) Luego se llenó el molde en tres capas, de modo que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del molde.
- d) Se compactó cada capa en toda su profundidad con 25 penetraciones con la varilla de 5/8", distribuyendo las penetraciones en toda la superficie de cada capa.
- e) En la compactación de la segunda y tercera capa se buscó penetrar la capa anterior una pulgada y varillar desde cerca del perímetro y continuar progresivamente en forma espiral hacia el centro del molde.

- f) Cuando se compactó la última capa, se adicionó un excedente de concreto sobre el molde antes de comenzar el varillado.
- g) Luego se enrasó el concreto fresco, rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del molde.
- h) Después se levantó el molde cuidadosamente en dirección vertical de un solo movimiento y sin giros. En un tiempo de 5 a 10 segundos.
- i) Finalmente se midió el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono de mezcla deformado. (Figura 25).



Figura 25. Medida del asentamiento (slump).

- j) Esta prueba se desarrolló sin interrupciones en no más de 2,5 minutos y cuando al levantar el cono se produce una falla por corte de la muestra, se descartó la prueba y realizó el ensayo con una nueva porción de mezcla.

3.4.2.8. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en Laboratorio según la NTP 339.183 – 2009 y ASTM C 192.

Equipos, materiales y herramientas

- Recipiente de muestreo: No absorbente con suficiente capacidad para mezclar.
- Molde cilíndrico: De 15 cm de diámetro por 30 cm de altura.
- Varilla compactadora: De acero lisa de 5/8" (16 mm) de diámetro con punta semiesférica y de aproximadamente 60 cm de longitud.
- Martillo: Con cabeza de goma de 0,6 Kg de masa.
- Herramientas: Pala, cucharón, espátula, plancha y paleta de albañil.
- Aceite: Para evitar la adherencia entre el molde y la mezcla de concreto.

Procedimiento del mezclado manual del concreto

- a) Se realizó el mezclado en un depósito resistente, utilizando una paleta despuntada de albañil.
- b) Se mezcló el cemento y el agregado fino sin adicionar agua hasta que estuvieron completamente mezclados.
- c) Luego se adicionó el agregado grueso y se mezcló la amasada completa, sin adición de agua hasta que el agregado grueso estuvo uniformemente distribuido en toda la amasada.
- d) Al final se agregó agua, y se mezcló la amasada hasta obtener un concreto homogéneo en apariencia y de la consistencia deseada.

Procedimiento para moldeo de especímenes

- a) Se limpiaron las probetas y se untó ligeramente el interior con grasa para que el concreto no se adhiera a las paredes del molde, luego se colocó en una superficie limpia, nivelada y firme.
- b) Luego con la ayuda de un cucharón se coló el concreto en los moldes. Se cuidó en distribuir el material uniformemente alrededor del perímetro del molde.
- c) Se llenaron las probetas en tres capas y cada una de estas con 1/3 de volumen, se compactó 25 veces en todo su espesor en la primera capa, mientras que en la segunda

y tercera capa se compactó la capa correspondiente más una pulgada de la capa subyacente. Cabe señalar que en cada capa se distribuyó uniformemente el varillado en toda la sección transversal del molde. (Figura 26)



Figura 26. Compactado de los especímenes de concreto

d) Una vez llenadas las probetas fueron golpeados ligeramente el exterior del molde de 10 a 15 veces con el mazo de hule para eliminar parte del aire atrapado en la mezcla. (Figura 27).



Figura 27. Eliminación de aire en el espécimen

e) Se retiró el exceso de concreto con la varilla de compactar (Figura 28) y se enrasó la parte superior con una plancha de albañil para producir una superficie plana.



Figura 28. Retiro del exceso de mezcla

- f) Luego se realizó el acabado final de la superficie expuesta del espécimen con la mínima manipulación necesaria a fin de lograr una superficie plana y a nivel con el borde del molde.

Desencofrado de testigos: El desencofrado se realizó a las 24 horas después de la elaboración de testigos y luego se procedió a colocar su identificación, considerando fecha de elaboración, resistencia del concreto, y código de identificación.

Curado de testigos: Los testigos de esta investigación se curaron con agua potable hasta un día antes de su ruptura. El curado fue bajo sombra y se mantuvo en una temperatura promedio del agua de 20,5 °C.

3.4.2.9. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas según la NTP 339.034 - 2008 y ASTM C 39.

Máquina de ensayo

La máquina compresora para determinar la carga de ruptura de los testigos de concreto de esta investigación, trata de un equipo mecánico que dispone el laboratorio de EMS de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca sede

Jaén. Cabe mencionar que la máquina al tiempo de la prueba estuvo calibrada y en condiciones de buena funcionalidad.

Procedimiento

- a) Todos los testigos de concreto para una determinada edad de ensayo fueron puestos a prueba dentro del tiempo permisible de tolerancias.
- b) Antes de ensayarlos se realizó la medición del diámetro de los especímenes de concreto en dos direcciones perpendiculares y en ambas cabezas, y luego se sacó un diámetro promedio.
- c) Colocación: Para realizar las pruebas se utilizaron dos placas o bloques adaptados con neoprenos. Se limpiaron las superficies dichas placas superior e inferior y las cabezas del espécimen de prueba, luego se colocó el neopreno inferior en el eje de aplicación de carga de la compresora y sobre éste el testigo de prueba, luego se colocó el neopreno superior y se aplicó la carga axial.
- d) Verificación del cero: Antes de ensayar la probeta, se verificó que el indicador de carga esté en cero.
- e) Velocidad de carga: Luego se aplicó la carga continuamente y sin detenimiento. Tratando de mantener una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $2,5 \text{ kgf/cm}^2/\text{s}$.
- f) Se aplicó la carga hasta que se produjo la falla de ruptura del testigo de concreto. No se tuvo en cuenta en cuenta la deformación de los mismos.
- g) Se registró la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo.



Figura 29. Ensayo de compresión simple

Cálculos

- Se calculó la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección del cilindro. (ecuación 14).
- Para efectos de esta investigación las pruebas se rompieron a edades de 7, 14 y 28 días, para los diseños de $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ y para los dos tamaños máximos nominales de agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " y 1".

$$f'c = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi D^2} \dots\dots\dots(14)$$

Donde:

$f'c$ = Resistencia de ruptura a la compresión, en Kg/cm^2 .

P = Carga máxima axial aplicada al espécimen en el momento de la falla, en Kg.

A = Área de la sección transversal del espécimen, en cm^2 .

D = Diámetro promedio del espécimen, en cm.

3.4.3. Pasos para Diseños de Mezclas $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ - Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.

Se recomienda nueve pasos para diseñar una mezcla de concreto, los cuales se describen a continuación:

Paso 1. Determinación de la resistencia promedio: Con la ayuda de la Tabla 7 ó Tabla 8, se encontró la resistencia promedio a la compresión requerida, que se recomienda utilizarla cuando no se dispone de datos de campo y no se cuenta con desviaciones estándares conocidas.

Tabla 7
Resistencia promedio a la compresión requerida

Resistencia especificada a la compresión		Resistencia promedio requerida a la compresión	
Mpa	Kgf/cm ²	Mpa	Kgf/cm ²
$f'c < 21$	$f'c < 210$	$f'cr = f'c + 7.0$	$f'cr = f'c + 70$
$21 \leq f'c \leq 35$	$210 \leq f'c \leq 350$	$f'cr = f'c + 8.5$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 35$	$f'c > 350$	$f'cr = 1.10 f'c +$	$f'cr = 1.10 f'c + 50$

Fuente: ACI 318 y norma E.060 del RNE

Tabla 8
Resistencia promedio en función al control de calidad de la mezcla.

Nivel de Control	$f'cr$
Regular o Malo	1.3 a 1.5 $f'c$
Bueno	1.2 $f'c$
Excelente	1.1 $f'c$

Paso 2. Elección del tamaño máximo del agregado: Los tamaños máximo nominales elegido para esta investigación es de 1/2" y 1" de diámetro.

Paso 3. Elección del revenimiento para cumplir los requisitos de trabajo: Para esta investigación se escogió trabajar con revenimiento de 7,5 a 10 cm (3" a 4") que corresponde a una consistencia plástica de la mezcla. La elección se hizo según la Tabla 9.

Tabla 9
Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de Construcción	Asentamiento	
	Máximo*	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armado.	3''	1''
Cimentaciones simples, cajones y muros de sub-estructuras de muros.	3''	1''
Vigas y muros armados.	4''	1''
Columnas para edificios.	4''	1''
Concreto Ciclópeo.	3''	1''
Concreto masivo	2''	1''

Rivva López, E.1992.

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

Paso 4. Determinación del agua de mezclado y contenido de aire: La cantidad estimada de agua y porcentaje de aire en kilogramos para un metro cúbico de concreto se estimaron en la Tabla 10, considerando un concreto sin aire incluido, utilizando los datos seleccionados en el paso 2 y paso 3.

Tabla 10
Agua, Kg/m³ de concreto para TM nominal de agregado indicado y % de aire estimado

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
cm	Concreto sin aire incorporado								
pulgadas									
2,5 - 5	1'' - 2''	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5 - 10	3'' - 4''	228	216	205	193	181	169	145	124
15 - 17,5	6'' - 7''	243	228	216	202	190	178	160	...
% Aire atrapado		3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2

Fuente: Rivva López, E.1992.

Paso 5. Selección de la relación Agua/Cemento: Los valores de la Tabla 11 son aproximados y relativamente conservadores para concretos que contengan cemento Portland. La elección de la relación agua /cemento se basó en el criterio de buscar una cantidad mayor de cemento.

Tabla 11
Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto

f'cr (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Kg/cm ²	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0,38	---
400	0,43	---
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

Fuente: Rivva López, E.1992.

* La resistencia está basada en cilindros de 15 x30 cm.

NOTA: Para resistencias no especificadas es válida la interpolación lineal.

Paso 6. Cálculo del Contenido de Cemento: La cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se encontró por las determinaciones expuestas en el paso 4 y 5. El cemento requerido fue igual al contenido estimado de agua de mezclado (paso4), dividido entre la relación Agua/Cemento (paso 5).

Paso 7. Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados: En la Tabla 12, entrando a la tabla con un contenido de cemento (Paso 6) y con el tamaño máximo nominal del agregado, se encuentra un valor del módulo de fineza de la combinación de agregados.

Tabla 12
Módulo de fineza de la combinación de agregado

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados queda da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en saco / m ³ indicados.			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.69
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Rivva López, E.1992.

NOTA: Para resistencias no especificadas es válida la interpolación lineal.

Paso 8. Estimación del contenido de agregado fino y grueso: Conocido el valor del módulo de fineza de la combinación de agregados se puede determinar el porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado. Para ello aplicamos la ecuación 15, una vez obtenido el volumen de agregado fino por diferencia se obtiene el volumen de agregado grueso.

$$r_f = \frac{mg - m}{mg - mf} \times 100 \quad \dots\dots\dots(15)$$

Donde:

m =módulo de fineza de la combinación de agregados.

mg = módulo de fineza del agregado grueso.

mf =módulo de fineza del agregado fino.

r_f =porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

El valor obtenido de esta ecuación, multiplicado por el volumen absoluto de agregado, nos permite conocer el volumen absoluto de agregado fino. Por diferencia se puede determinar el volumen absoluto de agregado grueso.

Ambos volúmenes absolutos multiplicados por sus respectivos pesos secos sólidos, permiten calcular los pesos secos por unidad de volumen del concreto, de los agregados fino y grueso.

Paso 9. Ajustes por humedad del agregado: Debido a que los agregados se utilizaron en estado húmedo se hizo la corrección por humedad de los mismos, multiplicando el peso seco por la sumatoria de la unidad más la humedad respectiva.

Así mismo para mantener la misma relación agua/cemento seleccionada en el paso 5, se hizo la corrección de la misma, utilizando la ecuación 16.

$$Ac = A + (Dif1 * WG) + (Dif2 * WA) \dots\dots\dots(16)$$

Donde

Ac=Agua corregida en Kg

A= Agua inicial de diseño Kg

Dif 1= Diferencia del % de absorción menos el % de humedad de la grava.

Dif 2= Diferencia del % de absorción menos el % de humedad de la arena.

WG= Peso seco de la grava en un metro cubico de concreto en Kg.

WA= Peso seco de la arena en un metro cubico de concreto en Kg.

3.4.4. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados

Para los diseños de mezcla de referencia de $f'c=250$ Kg/cm², primero se determinaron las propiedades de los agregados fino y grueso, tales como: La granulometría, humedad natural, peso unitario suelto y compactado, peso específico de masa e absorción y abrasión. Los datos fueron recopilados con ayuda de instrumentos de recolección de datos, luego procesados en el programa Excel usando Tablas para determinar los valores finales haciendo los cálculos respectivos y, posteriormente los resultados se compararon en gráficos estadísticos. Los únicos valores que se expresaron en porcentajes son la humedad y absorción de los agregados.

Los diseños de mezcla se desarrollaron a detalle en el Anexo B. El resultado de dichos diseños se analizó con graficas porcentuales y descripción textual de las proporciones resultantes en peso (para un metro cúbico de concreto). También se sacó el proporcionamiento por cada mezcla (tanda) considerando que cada una de éstas debería de llenar tres probetas cilíndricas de 15 por 30 cm más el troco cónico de Abrams, con diámetro superior de 10 cm, diámetro inferior de 20cm y, altura de 30 cm, así como se muestra en el Anexo B.

Si bien los resultados de diseño de mezclas son importantes, se le da mayor interés a los resultados finales de la investigación, de consistencia y resistencia a la compresión del concreto, porque son estos los que verificaron la veracidad de la hipótesis de la investigación.

La recolección de datos de asentamiento o pruebas slump que determinaron la consistencia del concreto fresco se realizaron por cada tanda o mezcla, es decir, por cada tres probetas de concreto.

Los resultados de consistencia se analizaron de acuerdo a los asentamientos con la ayuda de Tablas y gráficos (Figuras) expresadas en centímetros, y fueron comparadas textualmente con las consistencias y/o asentamientos expresados en la Tabla 3 del marco teórico. Esta propiedad del concreto fresco también se expresó en pulgadas en parte del análisis y en las conclusiones.

Entre los tamaños máximos nominales estudiados (TMN=1/2" y TMN=1") se elaboraron 54 testigos: 27 hechos a base de piedra chancada TMN=1/2" y 27 hechos a base de piedra chancada TMN=1". De estos 54 cilindros, 18 se rompieron a 7 días, 18 a 14 días y 18 a los 28 días de edad. Para cada tamaño máximo nominal se realizaron en total 18 mezclas y para cada mezcla tres testigos de concreto (T.C.), así como lo indica la Tabla 13.

Tabla 13

Cantidad de pruebas slump y testigos de concreto por cada mezcla y perfil de agregado grueso

Mezclas por cada agregado de cada resistencia	f'c=250 Kg/cm ²			
	PCH TMN=1/2"		PCH TMN=1"	
	Slump	T.C.	Slump	T.C.
Mezcla 1	1	3	1	3
Mezcla 2	1	3	1	3
Mezcla 3	1	4	1	3
Mezcla 4	1	3	1	3
Mezcla 5	1	3	1	3
Mezcla 6	1	4	1	3
Mezcla 7	1	3	1	3
Mezcla 8	1	3	1	3
Mezcla 9	1	4	1	3
Mezcla 10	1	3	1	3
Mezcla 11	1	3	1	3
Mezcla 12	1	4	1	3
Mezcla 13	1	3	1	3
Mezcla 14	1	3	1	3
Mezcla 15	1	4	1	3
Mezcla 16	1	3	1	3
Mezcla 17	1	3	1	3
Mezcla 18	1	4	1	3

Fuente: Elaboración Propia

La relación de las pruebas slump con los códigos de testigos de concreto, se detalla en las Tablas 37, 38 y la Tabla resumen 39- Anexo A.

Las resistencias a la compresión de los concretos a edades de 7, 14 y 28 días de edad, resultaron del promedio de 10 resistencias (de los diez testigos de concreto que se asignó para cada edad). Las resistencias a la compresión se encontraron para cada testigo usando Tablas y luego se sacó el promedio para obtener un resultado confiable.

Se hizo comparación entre las resistencias alcanzadas por el concreto con piedra chancada de TMN=1/2" y el concreto hecho piedra chancada de TMN=1", a fin de determinar cuál es la variación en resistencia que se llevan ambos concretos, para este análisis se usaron Tablas. También las resistencias se analizaron con gráficos expresados en porcentajes, para determinar la diferencia porcentual entre resistencias.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

También se puede apreciar en la Tabla 14, que el porcentaje de finos que pasan la malla N° 200 es de 7,32% del peso inicial de la muestra, este valor está fuera del límite permitido el cual no debe exceder del 3% para concretos sometidos a abrasión y 5% para otros concretos, por lo tanto el agregado fino que se está trabajando tiene que ser “lavado”.

Tabla 14
Análisis granulométrico del agregado fino

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Límites ASTM C 33
Pulg	mm					
3/8"	9,53				100	100
N°04	4,76	11,16	2,23	2,23	97,77	95 - 100
N°08	2,38	100,12	20,02	22,25	77,75	80 - 100
N°16	1,19	65,14	13,03	40,62	59,38	50 - 85
N°30	0,59	43,10	8,62	57,22	42,78	25 - 60
N°50	0,3	58,65	11,73	78,98	21,02	10 - 30
N°100	0,15	9,17	1,84	89,34	10,66	2 - 10
N°200	0,07	16,72	3,34	92,68	7,32	
<N°200		36,53	7,31	100,00	0,00	
Peso Inicial (g)		500,00				
Módulo de fineza		2,91				

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del módulo de fineza

$$\text{Módulo de fineza} = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}(N^{\circ}4+N^{\circ}8+N^{\circ}16+N^{\circ}30+N^{\circ}50+N^{\circ}100)}{100}$$

$$\text{Módulo de fineza} = \frac{290,64}{100}$$

La Figura 30 muestra la curva granulométrica del agregado fino de la Cantera “Arenera Jaén”, donde se puede apreciar que tiene una buena distribución de sus partículas, es decir, es una arena bien graduada, puesto que se encuentra casi en su totalidad dentro de los límites granulométricos dispuestos por la NTP 400.037, presentada en la Tabla 35 –Anexo A

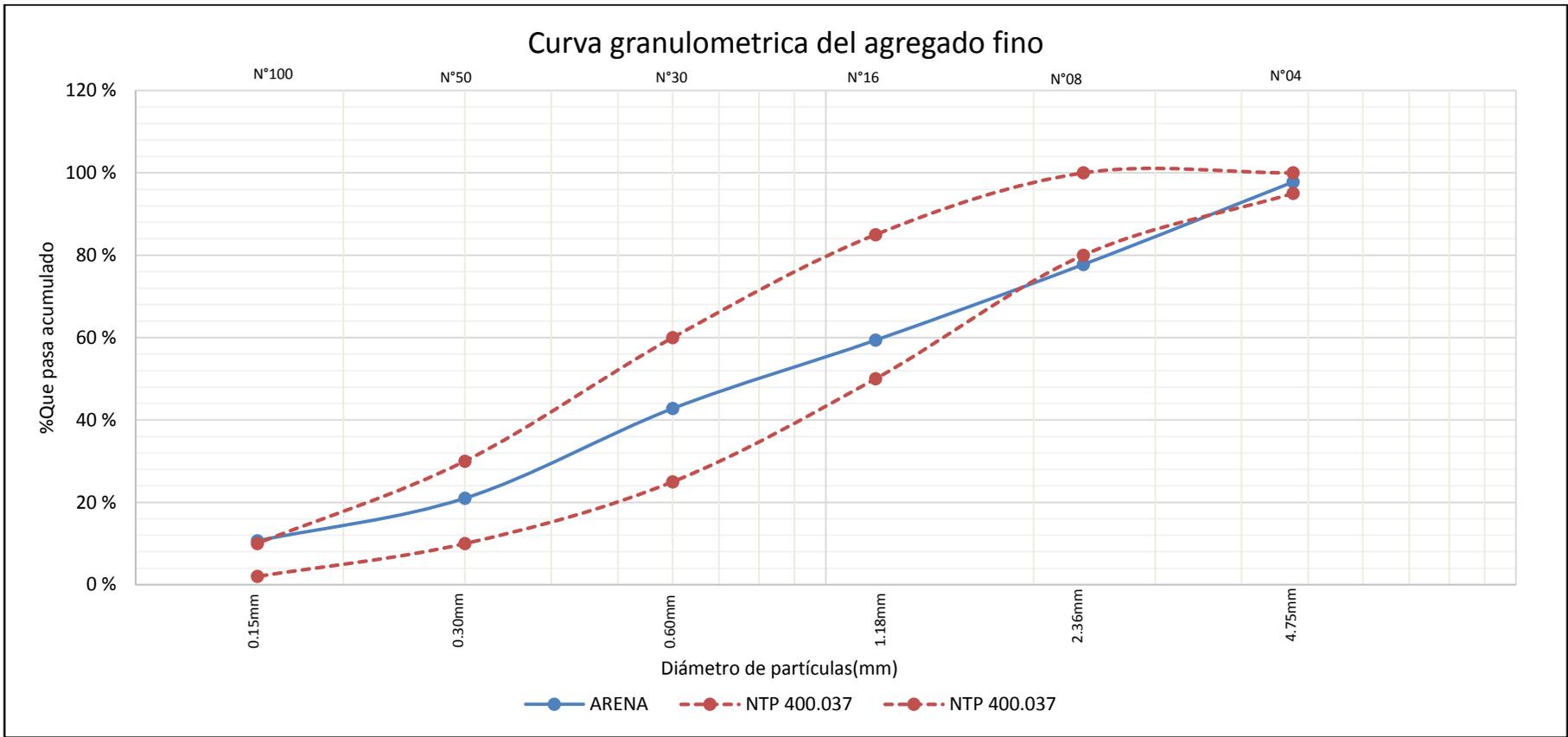


Figura 30. Análisis granulométrico del agregado fino

La arena fue utilizada en todas las mezclas de concreto. Tuvo la participación en 36% en el peso de todas las tandas de concreto para un TMN=1/2" y 32% en todas las tandas de concreto para un TMN=1", por esta razón, se intuye que sus características influyeron de igual manera en todas las mezclas y por ende no alteraron los resultados de la investigación.

La Tabla 15 muestra los datos, su procesamiento y resultados de la granulometría del agregado grueso y también el tamaño máximo nominal de los agregados (1"), el cual permite determinar el agua y aire atrapado en los dos diseños de mezcla de referencia utilizando las Tablas del ACI.

Tabla 15
Análisis granulométrico del agregado grueso TMN=1"

Abertura de malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Huso Granulométrico
Pulg	mm	do				5
1 1/2"	38,10				100	100
1"	25,40	2912	69,72	69,72	30,28	90 -100
3/4"	19,05	455	10,89	80,61	19,39	20 -55
1/2"	12,70	418	10,01	90,62	9,38	0 - 10
3/8"	9,50	225	5,39	96,00	4,00	0 -5
1/4"	6,35	144	3,45	99,45	0,55	
N°4	2,38	16	0,38	99,83	0,17	
N°08	2,36	7	0,17	100,00	0,00	
Peso Inicial (g)		4177				

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 31, se observa la distribución granulométrica del agregado grueso de TMN= 1" comparado con los requisitos granulométricos del Huso 5, establecido por la norma NTP 400.037, presentada en la Tabla 36 –Anexo A, este material no cumple con los rangos normalizados según la N.T.P, pero sin embargo se ha trabajado con este tipo de granulometría, siendo de prioridad para la investigación el tamaño máximo nominal del agregado grueso, no obstante para lograr que la muestra cumpla con la granulometría normalizada se recomienda para otros trabajos mezclar con otro material de tamaño máximo nominal menor a fin de cumplir la curva de husos del agregado de 1", el desarrollo de la combinación de agregados se detalla en el Anexo A.

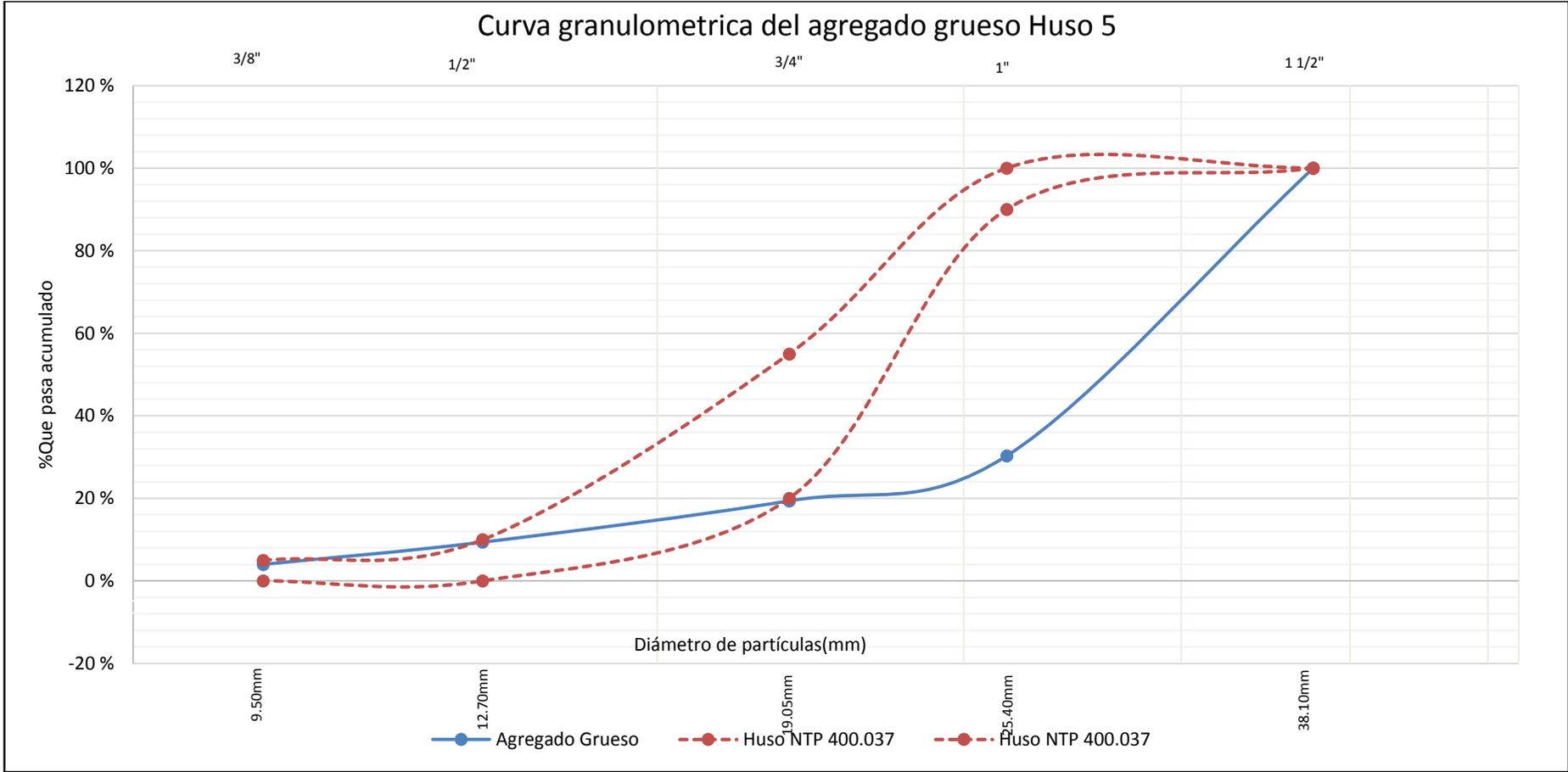


Figura 31. Análisis Granulométrico del agregado grueso TMN=1”

La Tabla 16 muestra los datos, su procesamiento y resultados de la granulometría del agregado grueso y también el tamaño máximo nominal de los agregados (1/2”), el cual permite determinar el agua y aire atrapado en los dos diseños de mezcla de referencia utilizando las Tablas del ACI adaptaión por Enrique Rivva López.

Tabla 16
Análisis granulométrico del agregado grueso TMN=1/2”

Abertura de malla		Peso Retenid o	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Huso Granulométrico 7
Pulg	mm					
3/4"	19,05				100	100
1/2"	12,70	2047	62,39	62,39	37,61	90 -100
3/8"	9,50	792	24,14	86,53	13,47	40 -70
1/4"	6,35	400	12,19	98,79	1,28	0 - 10
Nº04	4,75	35	1,07	99,79	0,21	0 - 15
Nº08	2,36	7	0,21	100,00	0,00	0 - 5
Peso Inicial (g)		3281				

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 32, se observa la distribución granulométrica del agregado grueso de TMN= 1/2” comparado con los requisitos granulométricos del Huso 7, establecido por la norma NTP 400.037, presentada en la Tabla 35 –Anexo A, este material no cumple con los rangos normalizados según la N.T.P, pero sin embargo se ha trabajado con este tipo de granulometría, siendo de prioridad para la investigación el tamaño máximo nominal del agregado grueso, no obstante para lograr que la muestra cumpla con la granulometría normalizada se recomienda para otros trabajos mezclar con otro material de tamaño máximo nominal menor a fin de cumplir la curva de husos del agregado de 1/2”, el desarrollo de la combinación de agregados se detalla en el Anexo A,

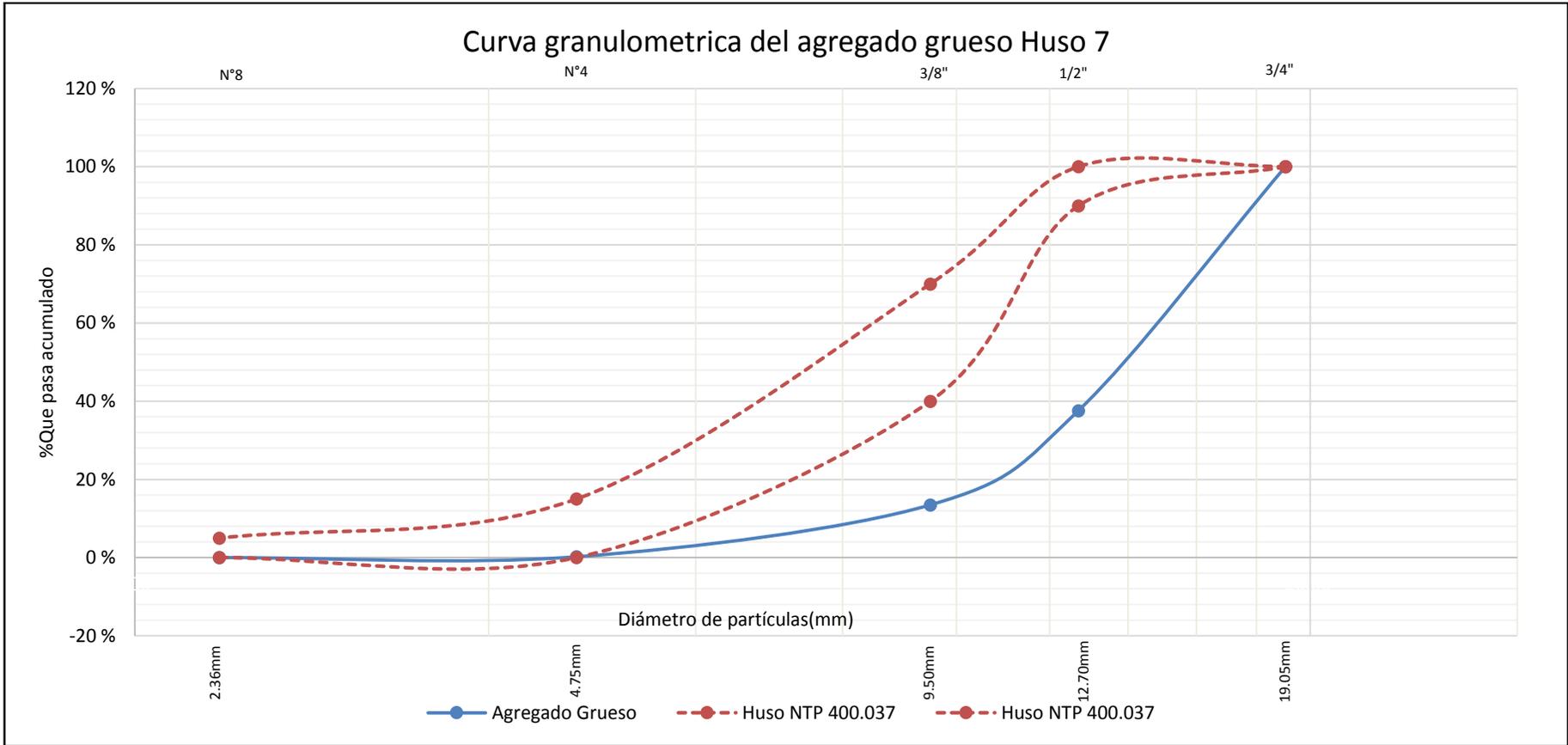


Figura 32. Análisis Granulométrico del agregado grueso TMN 1/2''

En la Tablas 17, 18 y 19 se muestran los datos, el procesamiento de los mismos y los resultados finales de la humedad de los agregados, obtenidos del promedio de la elaboración de tres ensayos por muestra de agregado, a fin que los resultados sean confiables.

Tabla 17
Humedad del agregado fino.

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	79.53	79.53	79.53
Peso de (M. Húmeda + recipiente) (gr)	565.23	564.93	565.45
Peso de (M. Seca + recipiente) (gr)	546.55	546.83	547.03
Peso del agua (gr)	18.68	18.10	18.42
Peso de la muestra seca (gr)	467.02	467.30	467.50
Contenido de Humedad (%)	4.00	3.87	3.94
Promedio de Contenido de Humedad(%)	3.94		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18
Humedad del agregado grueso TMN=1/2''

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	72.40	72.40	72.40
Peso de (M. Húmeda + recipiente) (gr)	566.26	565.86	566.42
Peso de (M. Seca + recipiente) (gr)	560.97	560.74	561.32
Peso del agua (gr)	5.29	5.12	5.10
Peso de la muestra seca (gr)	488.57	488.34	488.92
Contenido de Humedad (%)	1.08	1.05	1.04
Promedio de Contenido de Humedad(%)	1.06		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19
Humedad del agregado grueso TMN=1''

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	65.23	65.23	65.23
Peso de (M. Húmeda + recipiente) (gr)	566.13	566.10	565.89
Peso de (M. Seca + recipiente) (gr)	563.48	563.50	563.31
Peso del agua (gr)	2.65	2.60	2.58
Peso de la muestra seca (gr)	498.25	498.27	498.08
Contenido de Humedad (%)	0.53	0.52	0.52
Promedio de Contenido de Humedad(%)	0.52		

Fuente: Elaboración Propia

En las Tablas 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 28 aparecen los datos, su procesamiento y los resultados del peso unitario suelto de los agregados, peso unitario compactado, peso específico de masa del agregado fino y el peso específico de masa del agregado grueso, respectivamente.

Tabla 20
Peso unitario suelto del agregado fino.

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	6072	6072	6072
Peso del recipiente + mat. (gr)	9422	9424	9425
Peso del material (gr)	3350	3352	3353
Volumen del recipiente (cm ³)	2159	2159	2159
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1552	1553	1553
Peso Unitario Suelto Promedio (kg/m ³)		1552	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21
Peso unitario suelto de la PCH=1/2''

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	6072	6072	6072
Peso del recipiente + mat. (gr)	9174	9175	9177
Peso del material (gr)	3102	3103	3105
Volumen del recipiente (cm ³)	2159	2159	2159
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1437	1437	1438
Peso Unitario Suelto Promedio (kg/m ³)		1437	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22
Peso unitario suelto de la PCH=1''

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	6072	6072	6072
Peso del recipiente + mat. (gr)	9146	9059	9116
Peso del material (gr)	3074	2987	3044
Volumen del recipiente (cm ³)	2159	2159	2159
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1424	1384	1410
Peso Unitario Suelto Promedio (kg/m ³)		1406	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23
Peso unitario compactado del agregado fino.

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	6072	6072	6072
Peso del recipiente + mat. (gr)	9783	9815	9840
Peso del material (gr)	3711	3743	3768
Volumen del recipiente (cm ³)	2159	2159	2159
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1719	1734	1745
Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m ³)	1733		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24
Peso unitario compactado de la PCH=1/2''

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	6072	6072	6072
Peso del recipiente + mat. (gr)	9467	9472	9474
Peso del material (gr)	3395	3400	3402
Volumen del recipiente (cm ³)	2159	2159	2159
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1572	1575	1576
Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m ³)	1574		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25
Peso unitario compactado de la PCH=1''

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr)	6072	6072	6072
Peso del recipiente + mat. (gr)	9496	9407	9414
Peso del material (gr)	3424	3335	3342
Volumen del recipiente (cm ³)	2159	2159	2159
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1586	1545	1548
Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m ³)	1560		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26
Peso específico de masa y absorción del agregado fino.

ENSAYO N°	1
A = Peso muestra secada al horno (gr)	490.00
B = Peso del picnómetro y agua al ras (gr)	861.00
C= Peso picnómetro, muestra y agua al ras (gr)	1167.00
S= Peso muestra saturada con superficie seca (gr)	500.00
Peso Específico de Masa $Pe= A/(B+S-C)$	2.53
Peso Específico de Masa Saturada con superficie seca $500/(B+S-C)$	2.58
Peso Específico Aparente $Pea= A/(A+B-C)$	2.66
Absorción $Ab= [(S-A)x100]/A$	2.04

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27
Peso específico de masa y absorción de la PCH=1/2''

ENSAYO N°	1
A = Peso muestra secada al horno (gr)	3433.00
B = Peso de muestra saturada con superficie seca (gr)	3478.00
C= Peso de muestra sumergida en agua (gr)	2187.00
Peso Específico de Masa $Pe= A/(B-C)$	2.66
Peso Específico de Masa Saturada con superficie seca $B/(B-C)$	2.69
Peso Específico Aparente $Pea= A/(A-C)$	2.76
Absorción $Ab= [(B-A)x100]/A$	1.31

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28
Peso específico de masa y absorción de la PCH=1''

ENSAYO N°	1
A = Peso muestra secada al horno (gr)	4179.00
B = Peso de muestra saturada con superficie seca (gr)	4206.00
C= Peso de muestra sumergida en agua (gr)	2651.00
Peso Específico de Masa $Pe= A/(B-C)$	2.69
Peso Específico de Masa Saturada con superficie seca $B/(B-C)$	2.70
Peso Específico Aparente $Pea= A/(A-C)$	2.73
Absorción $Ab= [(B-A)x100]/A$	0.65

Fuente: Elaboración Propia

Según Aleajos y Fernández, que se cita en antecedentes, afirma que otra de las propiedades de los agregados que puede alterar el factor agua/cemento y por ende hace variar la consistencia del concreto es la absorción. Pero en esta investigación, la absorción para estos dos tamaños de agregados estudiados depende del tamaño de los mismos, las rocas trituradas absorben más agua porque su textura es áspera y tiene porosidades abiertas por el mismo proceso mecánico que han sufrido, en cambio las gravas de río como lo manifiesta la literatura, son lisas por el desgaste superficial del agua y la fricción que ha tenido con otras rocas en el lecho del río, que ha cerrado de cierta forma su porosidad, esto hace que absorban menor cantidad de agua.

En el diseño de mezcla para concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ y para un TMN=1/2", la dosificación encontrada fue la siguiente: Por cada 1Kg de cemento, correspondió 1,71 Kg de agregado fino, 1,42 Kg de agregado grueso y 0,39 Lt o Kg de agua. La Figura 31, muestra los porcentajes de participación de cada componente en la mezcla, para un metro cúbico de concreto.

En el diseño de mezcla para concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ y para un TMN=1", la dosificación encontrada en peso fue la siguiente: Por cada 1Kg de cemento, correspondió 1,76 Kg de agregado fino, 2,03 Kg de agregado grueso y 0,39 Lt o Kg de agua. La Figura 29 y 30 se muestran los porcentajes de participación de cada componente en la mezcla, para un metro cúbico de concreto.

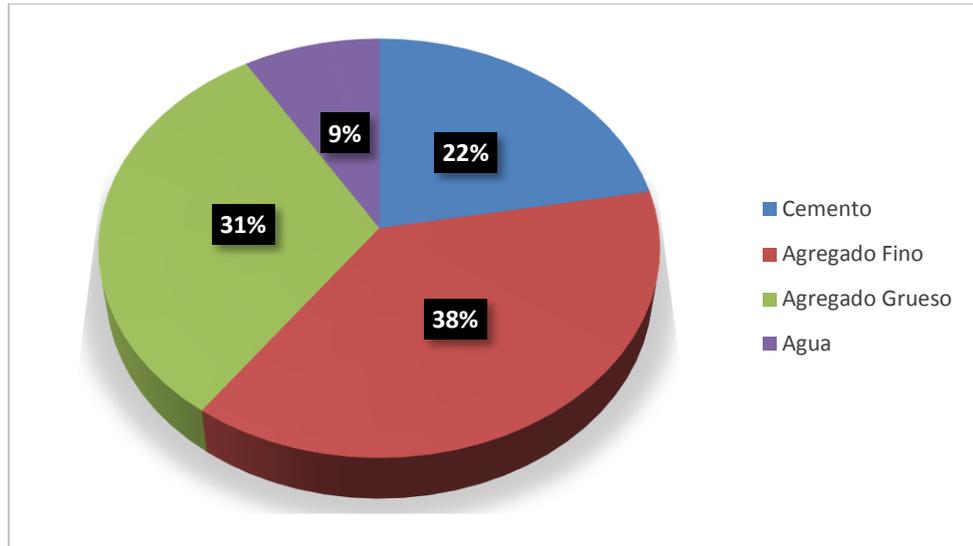


Figura 33. % de dosificación en peso para concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$, TMN=1/2”

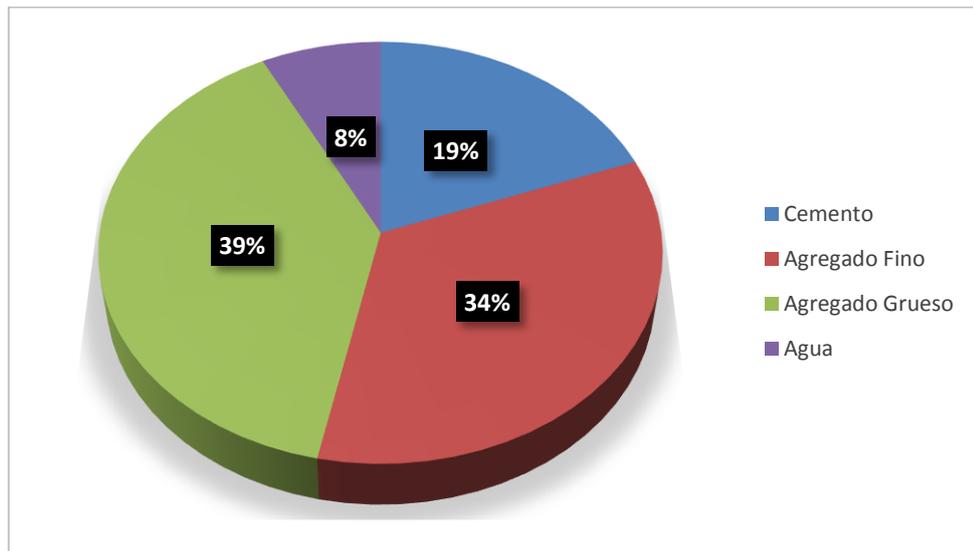


Figura 34. % de dosificación en peso para concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$, TMN=1”

La Tabla 29, presenta los resultados de la dosificación en peso de los materiales utilizados por tanda, para los dos tamaños de diseño estudiadas. Este proporcionamiento se detalla en el Anexo B.

Tabla 29
Proporcionamiento de materiales por tanda

Componente	$f'c=250\text{Kg/cm}^2$	
	TMN=1/2"	TMN=1"
Cemento (Kg)	10,39	9,27
Agua efectiva (Kg)	4,08	3,61
Agregado fino (Kg)	17,73	16,32
Agregado grueso (Kg)	14,80	18,81
Total (Kg)	47,00	48,00

Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla 29, las mezclas hechas a base de piedra chancada TMN=1/2" en la cual se utilizó mayor cantidad de agua efectiva a comparación con las de TMN=1" dado que posee una mayor superficie específica (TMN=1/2") requiriendo una de mayor pasta que cubra todas las superficies, dando lugar de esta manera a un mayor incremento de cemento para conseguir la misma relación a/c de diseño para ambos casos; también originará un mejor asentamiento de parte de las mezclas hechas con un TMN=1/2" ya que requieren de mayor contenido de agua. Se puede apreciar que en el caso del TMN=1/2" se utilizó mayor cantidad de agregado fino en comparación a la cantidad de agregado grueso, esto es debido a que el agregado grueso no cumple en su mayoría las normas de granulometría dadas en la norma técnica peruana N.T.P 400.037 ocasionando así un mayor porcentaje de agregado fino para este caso.

En las muestras de piedras trituradas con TMN=1/2" y TMN=1" de textura rugosa, el concreto fabricado en el primer caso utiliza mayor cantidad de cemento a comparación del segundo caso, lo que nos indica la influencia del tamaño máximo nominal del agregado grueso en la cantidad de cemento que de manera directa contribuye en parte importante con la resistencia a compresión del concreto.

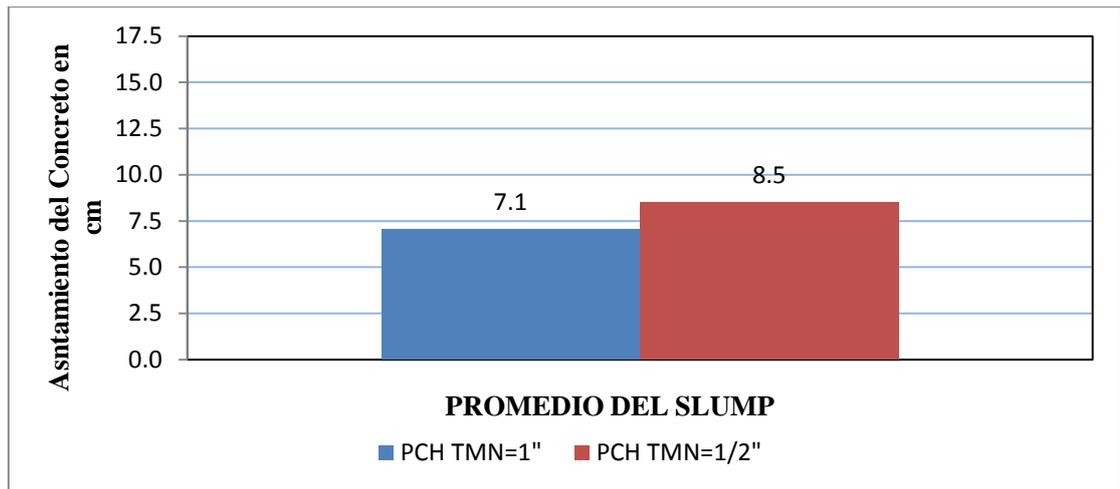


Figura 35. Asentamiento promedio del concreto fresco para $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$

Según la Figura 35, las mezclas hechas a base de piedra chancada de $TMN = 1/2''$ dieron una mejor consistencia plástica, cumpliendo así con la consistencia de diseño, pero para mezclas hechas a base de piedra chancada la consistencia fue levemente plástica, según el criterio de Gamero (2008) plasmado en la Tabla 1.

En la Figura 36, se muestra el peso unitario del concreto en estado fresco, todos los promedios se encuentran cerca del rango teóricamente establecido para concretos normales que van desde 2200 kg/m^3 (Concreto liviano) a 2400 kg/m^3 (Concreto pesado). Este procedimiento se detalla en las Tablas 46, 47 y 48 del Anexo A

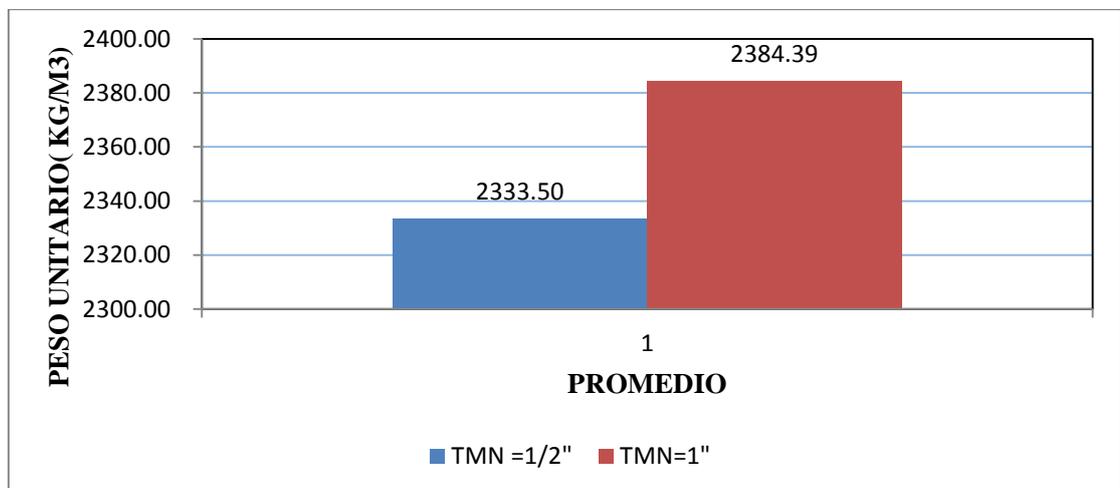


Figura 36. Peso Unitario del concreto fresco

En el Figuraura37, se muestra el peso unitario del concreto en estado endurecido, todos los promedios se encuentran dentro del rango teóricamente establecido para concretos normales que van desde 2200kg/m³ (Concreto liviano) a 2400kg/m³ (Concreto pesado). Este procedimiento se detalla en las Tablas 43, 44 y 45 del Anexo A.

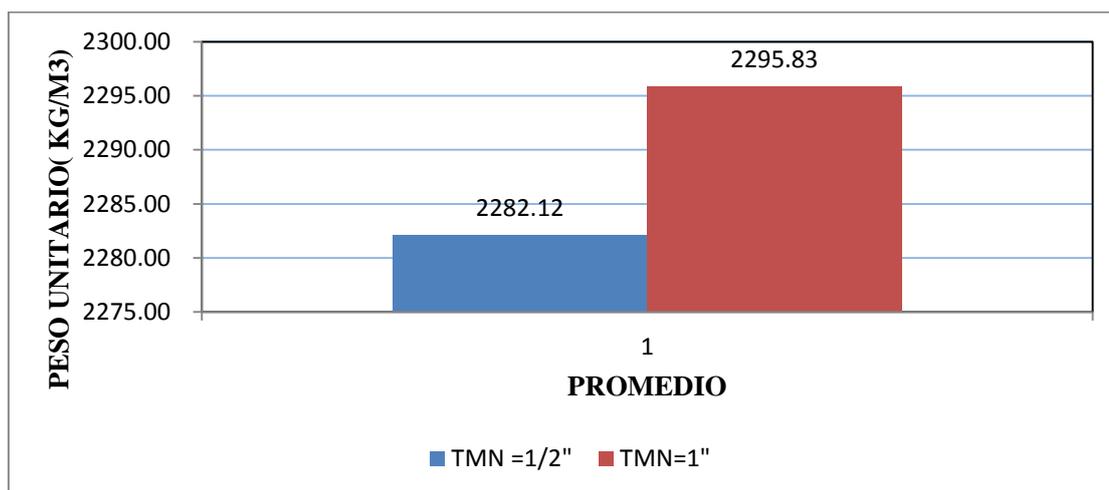


Figura 37. Peso Unitario del concreto endurecido

De acuerdo a las fórmulas 2 y 5 y a una temperatura promedio del agua de curado de los testigos de concreto de 20,5 °C, se obtuvo que a la edad de 7 días el concreto debería alcanzar el 69% de la resistencia de diseño (de 28 días), a edad de 14 días el 86%, a edad de 21 días el 95% y a los 28 días el 100%. Estos porcentajes multiplicados por los f'_c de diseño arrojaron las resistencias nominales del concreto a diferentes edades, las cuales sirvieron para realizar parte del análisis de los resultados de resistencias a la compresión del concreto en esta investigación. El detalle de dicho cálculo se presenta en las Tablas 41 y 42 en el Anexo A.

En la Tabla 30 se presentan las resistencias promedio de los testigos de concreto de $f'_c=250 \text{ Kg/cm}^2$, así como también las resistencias nominales y la diferencias de resistencias reales entre el concreto hecho con piedra chancada de 1/2" y 1", para las edades de 7, 14 y 28 días; donde la piedra chancada de TMN=1/2" se interpuso aproximadamente en un rango de 29,89 a 31,71 Kg/cm^2 sobre las resistencias promedio de los especímenes de concreto hechas a base de piedra chancada de TMN=1". Estas

resistencias se pueden apreciar con mayor claridad en la Figura 38 donde claramente se observa la diferencia entre ellas.

Para este concreto según la Tabla 31 indica, la diferencia porcentual está en el rango de 10.57 % a 16.46 %.

Tabla 30

Resistencias promedio de especímenes $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$, en kg/cm^2 .

Edad en días	$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$		Diferencia de resistencias en kg/cm^2
	Resistencias reales promedio en kg/cm^2	PCH 1"	
	PCH 1/2"	PCH 1"	
7	192.64	160.94	31.71
14	245.21	215.31	29.89
28	285.50	255.33	30.17

Fuente: Elaboración Propia

No existe un rango determinado, que permita calificar la influencia del tamaño máximo nominal del agregado grueso como baja o alta e en la resistencia del concreto, por tal motivo es que simplemente menciono que influyen en gran medida en dichas propiedades del concreto.

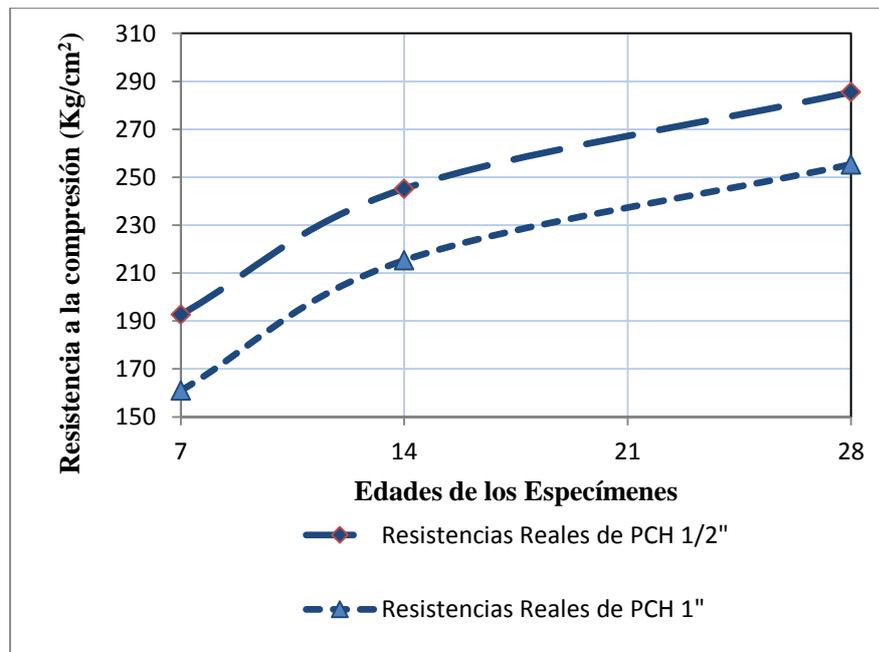


Figura 38. Resistencias promedio de especímenes de $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$

Tabla 31
Diferencia de resistencia a la compresión, en %.

Edad en días	f'c= 250 kg/cm2		Diferencia de resistencias en %
	% Resistencias reales promedio en kg/cm2		
	PCH 1/2"	PCH 1"	
7	192.64	160.94	16.46
14	245.21	215.31	12.19
28	285.50	255.33	10.57

Fuente: Elaboración Propia

La mayor resistencia que se dio en los testigos de piedra chancada de tamaño máximo nominal 1/2", esto se debió a la influencia de su tamaño el cual permitió una mayor cantidad del factor cemento debido a su mayor superficie específica, que es mayor cuanto más pequeño sea el tamaño del agregado, y así, los agregados de menor tamaño proporcionaron mayor resistencia del concreto a diferencia de los relativamente mayores. Estas afirmaciones son respaldadas en su totalidad por Fernández Casanovas, M. 2005 y Rivva López, E. 2000, así como otros autores citados en el marco teórico.

El concreto elaborado con piedra chancada de TMN=1/2" resistió más que el elaborado con piedra chancada de TMN=1" en un porcentaje que varía entre 4% y 13% más.

La consistencia ha demostrado ser un indicador temprano de la resistencia a compresión del concreto, ya que a mezclas menos consistentes menor es su resistencia. La relación entre consistencias y especímenes de concreto se presentan en las Tablas 37 y 38 - Anexo A.

Los diseños de mezclas con el método Modulo de Fineza de la Combinación de Agregados, los contenidos de agregado fino y grueso varían para las diferentes resistencias siendo esta variación función, principalmente, de la relación agua-cemento y del contenido total de agua, expresados a través del contenido de cemento de la mezcla. Este método tiene como consideración fundamental, además de lo ya expresado, la premisa de que el módulo de fineza del agregado, fino y grueso, es un

índice de su superficie específica y que a medida de que esta aumenta se incrementa la demanda de pasta, citado por Rivva López, E. 2000.

Las propiedades del concreto varían entre otros factores por el manejo de los agregados (frentes de extracción, forma de extracción, forma de acopio, carguío, descarga de material, condiciones climatológicas, entre otros), por ello no es válido generalizar los resultados de esta tesis para todos las canteras del distrito de Jaén, y aun así aunque fuesen agregados extraídos de la Cantera “Arenera Jaén” a la que se dirigió esta investigación, se recomienda tomar los resultados con cautela.

Del análisis y discusión de resultados, queda demostrado que el tamaño máximo nominal del agregado grueso de la Cantera “Arenera Jaén” influyen en gran medida en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén – Cajamarca.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El tamaño máximo nominal de ½” del agregado grueso requirió relativamente de mayor cantidad de pasta de cemento, debido a su superficie específica, a diferencia del agregado de 1”, obteniéndose como resultados a la compresión en las edades de 7, 14 y 28 días lo siguiente: 192.64 kg/cm², 245.21 kg/cm², 285.50 kg/cm² para el agregado de ½” y de 160.94 kg/cm², 215.31 kg/cm², 255.33 kg/cm² para el agregado de 1”. Siendo 30.17 kg/cm² (10.57%) menos resistente con el agregado de 1” que el de ½” para la edad de de 28 días.
- Se determinó los parámetros de los agregados mediante los ensayos normalizados (N.T.P) que a continuación se presentan:

CARACTERÍSTICAS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO TMN=1/2"	AGREGADO GRUESO TMN=1"	CEMENTO
HUMEDAD NATURAL %	3.94	1.06	0.52	
ABSORCIÓN %	2.04	1.31	0.65	
PESO ESPECÍFICO DE MASA (gr/cm ³)	2.58	2.69	2.70	3.15
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		1/2"	1"	
MÓDULO DE FINEZA	2.91	6.86	7.76	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1553	1437	1406	
PESO UNITARIO VARILLADO (kg/m ³)	1733	1574	1560	

- La dosificación adecuada de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua para el concreto con agregado grueso de TMN=1/2” es: 1:2.37:1.98/21.70 lt/saco y 1:2.50:2.74/21.70 lt/saco TMN= 1”.
- La cantidad de cemento por metro cúbico de concreto elaborado es de: 9.24 bolsas para el concreto con agregado de TMN=1/2” y de 8.26 bolsas para el concreto con agregado de TMN=1”.

- Los asentamientos para los dos tamaños máximo nominales de ½” y 1” fueron de 8.5 cm. Y 7.1 cm., respectivamente, donde las muestras tienen una consistencia plástica por lo cual cumplen con el diseño especificado.
- El agregado grueso es uno de los componentes del concreto que más porcentaje de intervención en peso tiene en las mezclas (39% en el caso del diseño con TMN=1”), seguido por el agregado fino, luego el cemento y finalmente el agua. Los diseños de mezclas de concreto dependen en gran parte de las características y propiedades de los agregados (grueso y fino), que pueden verse afectados por el manejo que reciben desde su explotación hasta su empleo en obra.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en otras investigaciones en un tema similar, se trabaje con la granulometría normalizada del agregado grueso, ya que esto influye en la cantidad en peso del agregado fino y grueso para el diseño de la mezcla, el cual formará una matriz más densa del concreto y que se refleja en la resistencia del concreto a la compresión.
- Se recomienda utilizar el Modulo de fineza de la combinación de agregados como método de diseño para concreto, ya que este método está en función de la superficie específica de los agregados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Absalón, VM; Salas, RA. 2008. Influencia en el diseño de mezcla de agregados de diferente procedencia en el estado Mérida. Tesis Ing. Civil. Venezuela, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. 115 p.
- Acosta, A; Cabrera, RD; Medina A. 2005. Influencia de la forma y la textura de los agregados gruesos en las propiedades del hormigón: Laboratorio de materiales de construcción. San Lorenzo, Paraguay, Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ingeniería. s.p.
- Alvarado, NJ. 2010. Influencia de la morfología de pétreos: volcánicos, triturados y cantos rodados; correlacionando matemáticamente los módulos de elasticidad, estático y dinámico, en cilindros de concreto de 10cm x 20cm. Tesis Ing. Civil. México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería. 173 p.
- Chur Perez, G. (2010). Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado organico en morteros de mamposteria. (Trabajo de Graduación). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Abanto Castillo, F. (2013). Tecnología del Concreto, Teoría y Problemas. Lima: San Marcos.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (1999). Manual para supervisar obras de concreto ACI311. México: IMCYC.
- ACI 318S (American Concrete Institute). 2008. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario, (Versión en español y en sistema métrico), Comité ACI 318.
- ACI 211 (American Concrete Institute). 1991. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, reapproved 2002, ACI Committee 211.
- Aranda, JR; Silva, HA. 2006. Evaluación del tamaño del agregado grueso para la determinación de la resistencia de la compresión del concreto. Tesis Ing. Civil. Chimbote, Perú, Universidad Nacional del Santa. Facultad de Ingeniería. s.p.
- Chan, JL; Solis, R; Moreno, EI. 2003. Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Yucatán, México. Ingeniería 7(2): 39-46.

- Estrada, CG; Páez, R. 2014. Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto. Tesis Ing. Civil. México, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería. 201 p.
- Fernandez Canovas, M. 2005. Hormigón. Madrid. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 543 p.
- Gamarra, R. 2008. Influencia del perfil de agregado grueso sobre las propiedades del concreto de baja resistencia empleando portland tipo I. Tesis Ing. Civil. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. s.p.
- Gamero, O. 2008. Análisis comparativo del comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero wirand. Tesis Ing. Civil. Lima, Perú, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería. 53 p.
- Instituto del Concreto, 1997. Manual Tecnología y Propiedades, Asociación colombiana de productores de concreto - ASOCRETO. D Sánchez. 2 ed. Sexta impresión, Colombia. 215 p.
- León, MP; Ramírez, F. 2010. Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. Bogotá, Colombia. Ingeniería de Construcción 25(2): 215-240.
- Lezama Leiva, J. (s.f.). Tecnología del concreto. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 82 p.
- NTP 400.012. 2013. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.022. 2013. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje absorción del agregado fino. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.017. 2011. Método de ensayo para determinar pesos volumétricos secos, sueltos y compactados. Lima, INDECOPI.
- NTP 339.035. 2009. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima, INDECOPI.
- NTP 339.183. 2009. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio. Lima, INDECOPI.
- NTP 339.034. 2008. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima, INDECOPI.

- NTP 339.185. 2002. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, INDECOPI.
- NTP 400.021. 2002. Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso. Lima, INDECOPI.
- NTP 339.114. 1999. Concreto premezclado. Lima, INDECOPI.
- Ottazzi, G. 2004. Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado. Tesis Mag. Ing. Civil. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería. s.p.
- RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones). 2014. Norma E.060: Concreto Armado. p. 408-425
- Rivva López, E. 2000. Naturaleza y materiales del concreto. A Gómez. ACI Perú. Lima, Perú. 390 p.
- Rivva López, E; Harman, J; Pasquel, E; Badoino, D; Romero, A. 1998. Tecnología del concreto: ACI capítulo peruano. A Gómez. Lima, Perú. 172 p.
- Rivva López, E. 1992. Tecnología del concreto: Diseño de mezclas. Editorial Hozlo S.C.R.L. Lima, Perú. 284 p.
- Scanferla, LJ. 2010. Evaluación de los Agregados Localmente Disponibles para ser Empleados en Hormigones de Pavimentos. LEMaC: Centro de Investigación Vial. Tesis de Becarios. Argentina, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional la Plata. s.p.
- Speicher, MB. 2007. Pérdida de la consistencia del concreto en el tiempo. Tesis Ing. Civil. Lima, Perú, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería. 44 p.
- Valcuende, M; Marco, E; Jardón, R; Gil, A. 2009. Código modelo CEB-FIP 1990: Evolución de la resistencia del hormigón con la edad y la temperatura. España. Universidad Politécnica de Valencia. s.p.

ANEXO A
TABLAS

Tabla 32
Tipos de cemento Portland

Tipos	Características
Tipos I	Portland normal
Tipos II	Portland moderada resistencia a los sulfatos
Tipos III	Portland fraguado rápido, alta resistencia inicial.
Tipos IV	Portland bajo calor de hidratación
Tipos V	Portland alta resistencia a los sulfatos

Fuente: Norma ASTM C 150, citado por Alvarado 2010

Tabla 33
Clasificación de agregados según el tamaño

Tamaño de las partículas (mm)	Denominación corriente	Clasificación como agregado para concreto
< 0,002	Arcilla	Fracción muy fina
0,002 – 0,074 (No. 200)	Limo	
0,074 (No.200) – 4,76 (No.4)	Arena	Agregado fino
4,76 (No.4) – 19,1 (3/4")	Gravilla	Agregado grueso
19,1 (3/4") – 50,8 (2")	Grava	
50,8 (2") – 152,4 (6")	Piedra	
> 152,4 (6")	Rajón, Piedra bola	

Fuente: Instituto del concreto de 1997

Tabla 34
Clasificación de los agregados según su densidad

Clasificación del agregado	Masa unitaria aproximada (Kg/m ³)		Variedades más comunes de agregados	Ejemplo de uso
	Del agregado	Del Concreto		
Liviano	480 – 1300	500 – 2 000	Pizarras expandidas, esquistos, escoria, arcilla	Concretos livianos estructurales
Normal	1 300 – 2 000	2 000 – 2 500	Arena, grava, piedra triturada, clínker, escoria de fundición	Obras en concreto en general arena, grava, piedra
pesado	2 000 – 5 600	> 2 500	Barrita, limonita, magnetita, limadura de acero, hematita	Concreto para macizos de anclaje, para protección contra radiaciones, etc

Fuente: Instituto del concreto 1997

Tabla 35
Requisitos granulométricos de la ASTM C 33 para agregado fino

Tamiz	% que pasa		
3/8"	100		
N°4	95	a	100
N°8	80	a	100
N°16	50	a	85
N°30	25	a	60
N°50	10	a	30
N°100	2	a	10

Fuente: ASTM C 33, citado por Rivva et al. 1998

Tabla 36

Requisitos granulométricos de la ASTM C 33 para agregado grueso

N° ASTM (HUSO)	Tamaños nominales en pulgadas (Abertura Cuadrada)			Porcentajes pasantes en peso para cada tamiz standard												
				4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16
1	3 1/2"	a	1 1/2"	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	2 1/2"	a	1 1/2"	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
3	2"	a	1"	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	2"	a	N°4	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	1 1/2"	a	3/4"	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	1 1/2"	a	N°4	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	1"	a	1/2"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	1"	a	3/8"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	1"	a	N°4	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	3/4"	a	3/8"	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	3/4"	a	N°4	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	1/2"	a	N°4	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	3/8"	a	N°8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: ASTM C 33, citado por Rivva et al. 1998

Tabla 37

Control de pruebas slump por tamaño máximo nominal, edad y códigos de testigos de concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$

N° de Mezcla	Agregado grueso	Edad a romper en días	Código de testigo	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Hora de elaboración	Asentamiento (cm)
1	PCH 1"	28	PCH1 (1")	03/11/2016	01/12/2016	8:30pm	7.5
	PCH 1"	28	PCH2 (1")				
	PCH 1"	28	PCH3 (1")				
2	PCH 1"	28	PCH4 (1")	04/11/2016	02/12/2016	9:30pm	7.2
	PCH 1"	28	PCH5 (1")				
	PCH 1"	28	PCH6 (1")				
3	PCH 1"	28	PCH7 (1")	07/11/2016	05/12/2016	10:30pm	7.3
	PCH 1"	28	PCH8 (1")				
	PCH 1"	28	PCH9 (1")				
4	PCH 1/2"	28	PCH11 (1/2")	08/11/2016	06/12/2016	8:30pm	8.5
	PCH 1/2"	28	PCH12 (1/2")				
	PCH 1/2"	28	PCH13 (1/2")				
5	PCH 1/2"	28	PCH14 (1/2")	09/11/2016	07/12/2016	9:30pm	8.3
	PCH 1/2"	28	PCH15 (1/2")				
	PCH 1/2"	28	PCH16 (1/2")				
6	PCH 1/2"	28	PCH17 (1/2")	10/11/2016	08/12/2016	10:30pm	8.4
	PCH 1/2"	28	PCH18 (1/2")				
	PCH 1/2"	28	PCH19 (1/2")				
7	PCH 1"	14	PCH21 (1")	14/11/2016	28/11/2016	11:30pm	7
	PCH 1"	14	PCH22 (1")				
	PCH 1"	14	PCH23 (1")				
8	PCH 1"	14	PCH24 (1")	15/11/2016	29/11/2016	12:30pm	7.2
	PCH 1"	14	PCH25 (1")				
	PCH 1"	14	PCH26 (1")				
9	PCH 1"	14	PCH27 (1")	16/11/2016	30/11/2016	3:30pm	6.7
	PCH 1"	14	PCH28 (1")				
	PCH 1"	14	PCH29 (1")				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38

Control de pruebas slump por tamaño máximo nominal, edad y códigos de testigos de concreto $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$.

N° de Mezcla	Agregado grueso	Edad a romper en días	código de testigo	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Hora de elaboración	Asentamiento (cm)
10	PCH 1/2"	14	PCH31 (1/2")	17/11/2016	01/12/2016	8:30pm	8.7
	PCH 1/2"	14	PCH32 (1/2")				
	PCH 1/2"	14	PCH33 (1/2")				
11	PCH 1/2"	14	PCH34 (1/2")	18/11/2016	02/12/2016	9:30pm	8.5
	PCH 1/2"	14	PCH35 (1/2")				
	PCH 1/2"	14	PCH36 (1/2")				
12	PCH 1/2"	14	PCH37 (1/2")	21/11/2016	05/12/2016	10:30pm	8.5
	PCH 1/2"	14	PCH38 (1/2")				
	PCH 1/2"	14	PCH39 (1/2")				
13	PCH 1"	7	PCH41 (1")	22/11/2016	29/11/2016	11:30pm	7
	PCH 1"	7	PCH42 (1")				
	PCH 1"	7	PCH43 (1")				
14	PCH 1"	7	PCH44 (1")	23/11/2016	30/11/2016	12:30pm	6.8
	PCH 1"	7	PCH45 (1")				
	PCH 1"	7	PCH46 (1")				
15	PCH 1"	7	PCH47 (1")	24/11/2016	01/12/2016	3:30pm	6.9
	PCH 1"	7	PCH48 (1")				
	PCH 1"	7	PCH49 (1")				
16	PCH 1/2"	7	PCH51 (1/2")	25/11/2016	02/12/2016	7:30pm	8.4
	PCH 1/2"	7	PCH52 (1/2")				
	PCH 1/2"	7	PCH53 (1/2")				
17	PCH 1/2"	7	PCH54 (1/2")	28/11/2016	05/12/2016	6:30pm	8.5
	PCH 1/2"	7	PCH55 (1/2")				
	PCH 1/2"	7	PCH56 (1/2")				
18	PCH 1/2"	7	PCH57 (1/2")	29/11/2016	06/12/2016	8:00pm	8.6
	PCH 1/2"	7	PCH58 (1/2")				
	PCH 1/2"	7	PCH59 (1/2")				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39

Resumen de los asentamientos del concreto fresco

N° de Mezclas por cada agregado y resistencia	f'c=250 kg/cm2		Asentamiento de Diseño para Piedra Chancada en cm	
	Asentamiento en cm			
	PCH TMN=1"	PCH TMN=1/2"		
1	7.5	8.5	7.5	10
2	7.2	8.3	7.5	10
3	7.3	8.4	7.5	10
4	7.0	8.7	7.5	10
5	7.2	8.5	7.5	10
6	6.7	8.5	7.5	10
7	7.0	8.4	7.5	10
8	6.8	8.5	7.5	10
9	6.9	8.6	7.5	10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40

Cantidad total de materiales utilizados en la investigación

Componente	TMN=1/2"	TMN=1"
Cemento (Kg)	187.04	166.78
Agua efectiva (Kg)	73.51	64.90
Agregado fino (Kg)	319.13	293.67
Agregado grueso (Kg)	<u>266.37</u>	<u>338.63</u>
Total (Kg)	846.05	863.98

Fuente: Elaboración Propia

Procedimiento Analítico de la Combinación de Agregados

Se cuenta con los agregados de TMN=1" y TMN=3/4" cuyas características granulométricas se muestran en el cuadro. Se requiere mezclar estos agregados de manera que la mezcla resultante M cumpla con las especificaciones granulométricas del Huso 5.

Agregado	% que pasa malla					
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 04
TMN 1"	100.00	30.28	19.39	9.38	4.00	
TMN 3/4"		100.00	50.00	10.00	5.00	5.00
M	100.00	90.00	55.00	0.00	0.00	
		100.00	20.00	10.00	5.00	

Utilizando la ecuación (17) y (18):

$$M = Axa + Bxb \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$a + b = 1 \quad \dots\dots\dots(18)$$

Combinando estas dos ecuaciones se tiene:

$$b = \frac{M-A}{B-A}$$

De donde:

M = Porcentaje que se desea obtener para el tamiz seleccionado. Media de las especificaciones.

A = Porcentaje que pasa el tamiz seleccionado del material de TMN=1"

a = Aporte del material de TMN=1" en la combinación.

B = Porcentaje que pasa el tamiz seleccionado del material de TMN=3/4"

b = Aporte del material de TMN=3/4" en la combinación.

Seleccionamos el tamiz 3/4":

$$M = \frac{55.00 + 20.00}{2.00} = 37.50$$

$$b = \frac{37.50 - 19.39}{50.00 - 19.39} = 0.59$$

$$a = 0.41$$

Granulometría de la mezcla: $M = 0.41A + 0.59B$

Malla	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"
% que pasa	100.00	71.41	37.45	9.75	4.59

Se observa que no cumple para las mallas de 1" y de ¾", realizamos una segunda iteración:

Granulometría de la mezcla: $M = 0.13A + 0.87B$

Malla	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"
% que pasa	100.00	90.94	46.02	9.92	4.87

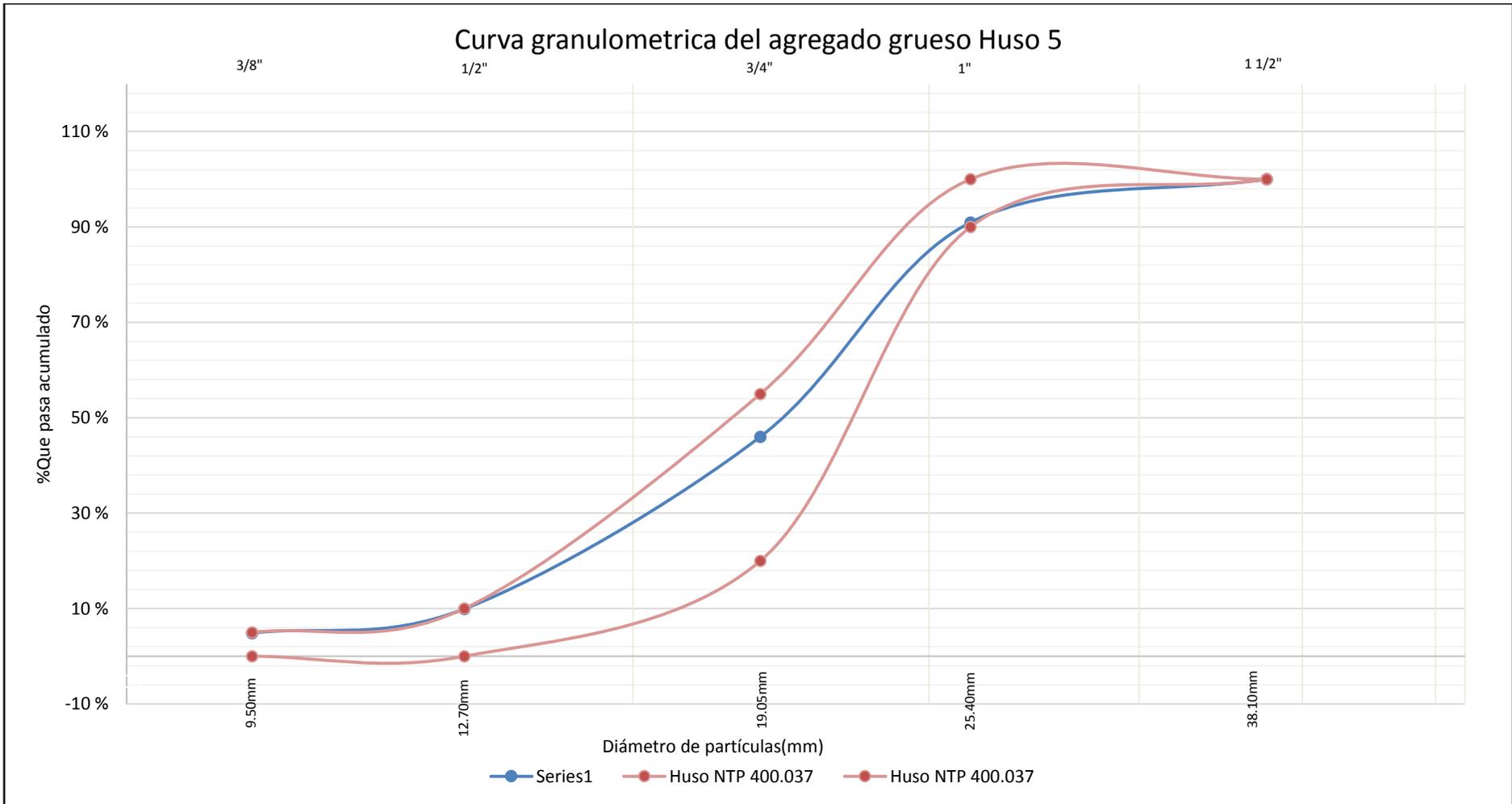


Figura 39. Curva granulométrica del TMN= 1" corregido.

Se cuenta con los agregados de TMN=1/2" y TMN=3/8" cuyas características granulométricas se muestran en el cuadro. Se requiere mezclar estos agregados de manera que la mezcla resultante M cumpla con las especificaciones granulométricas del Huso 7.

Agregado	% que pasa malla						
	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 04	N° 08	N° 16
TMN 3/4"	100.00	37.61	13.47	1.28	0.21	0.00	
TMN 3/8"		100.00	79.00	9.00	15.00	5.00	4.00
M	100.00	90.00	40.00	0.00	0.00	0.00	
		100.00	70.00	10.00	15.00	5.00	

Seleccionamos el tamiz 3/8":

$$M = \frac{40.00 + 70.00}{2.00} = 55.00$$

$$b = \frac{55.00 - 13.47}{79.00 - 13.47} = 0.63$$

$$a = 0.37$$

Granulometría de la mezcla: $M = 0.37A + 0.63B$

Malla	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 04	N° 08
% que pasa	100.00	76.92	54.75	6.14	9.53	3.15

Se observa que no cumple para las mallas de 1/2", realizamos una segunda iteración:

Granulometría de la mezcla: $M = 0.15A + 0.85B$

Malla	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N° 04	N° 08
% que pasa	100.00	90.64	69.17	7.84	12.78	4.25

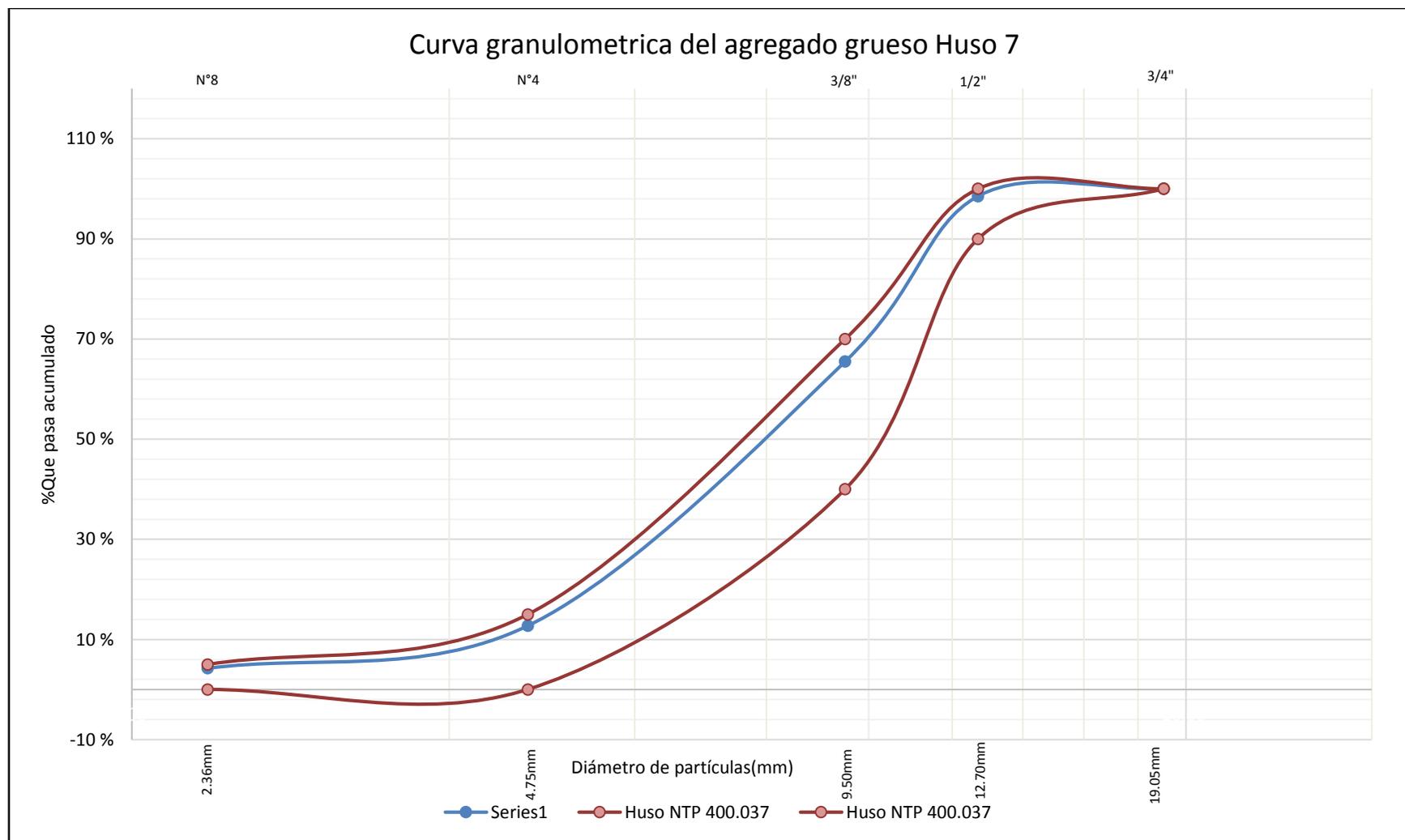


Figura 40. Curva granulométrica del TMB= 1/2" corregida.

Tabla 41
Resultados obtenidos a la compresión $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$

Ensayo N°	Edad en días	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Area en (cm ²)	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	f'c real (Kg/cm ²)	% de resistencia Real
1	7	PCH11 (1/2")	15.20	181.46	347.9	35475.36	195.50	78
2	7	PCH12 (1/2")	15.00	176.71	329.3	33578.72	190.02	76
3	7	PCH13 (1/2")	15.10	179.08	332.8	33935.62	189.50	76
4	7	PCH14 (1/2")	15.20	181.46	347	35383.59	195.00	78
5	7	PCH15 (1/2")	15.00	176.71	329.3	33578.72	190.02	76
6	7	PCH16 (1/2")	15.10	179.08	333.9	34047.78	190.13	76
7	7	PCH17 (1/2")	15.20	181.46	347.2	35403.98	195.11	78
8	7	PCH18 (1/2")	15.00	176.71	336.2	34282.31	194.00	78
9	7	PCH19 (1/2")	15.10	179.08	341.6	34832.95	194.51	78
10	7	PCH1 (1")	15.20	181.46	287.4	29306.18	161.50	65
11	7	PCH2 (1")	15.00	176.71	277.3	28276.28	160.01	64
12	7	PCH3 (1")	15.10	179.08	281	28653.57	160.01	64
13	7	PCH4 (1")	15.20	181.46	286.5	29214.41	161.00	64
14	7	PCH5 (1")	15.00	176.71	280.7	28622.98	161.97	65
15	7	PCH6 (1")	15.10	179.08	282.7	28826.92	160.97	64
16	7	PCH7 (1")	15.20	181.46	285.6	29122.63	160.49	64
17	7	PCH8 (1")	15.00	176.71	279	28449.63	160.99	64
18	7	PCH9 (1")	15.10	179.08	283.6	28918.69	161.49	65
19	14	PCH31 (1/2")	15.20	181.46	436.7	44530.30	245.40	98
20	14	PCH32 (1/2")	15.00	176.71	424.6	43296.46	245.01	98
21	14	PCH33 (1/2")	15.10	179.08	430.8	43928.68	245.30	98
22	14	PCH34 (1/2")	15.20	181.46	436.2	44479.31	245.12	98
23	14	PCH35 (1/2")	15.00	176.71	424.6	43296.46	245.01	98
24	14	PCH36 (1/2")	15.10	179.08	431	43949.07	245.42	98
25	14	PCH37 (1/2")	15.20	181.46	436	44458.92	245.01	98
26	14	PCH38 (1/2")	15.00	176.71	424.9	43327.05	245.18	98
27	14	PCH39 (1/2")	15.10	179.08	431	43949.07	245.42	98

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42
Resultados obtenidos a la compresión $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$

Ensayo N°	Edad en días	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Area en (cm ²)	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	f'c real (Kg/cm ²)	% de resistencia Real
28	14	PCH21 (1")	15.20	181.46	383.3	39085.10	215.39	86
29	14	PCH22 (1")	15.00	176.71	373.5	38085.80	215.52	86
30	14	PCH23 (1")	15.10	179.08	378.1	38554.86	215.30	86
31	14	PCH24 (1")	15.20	181.46	383.3	39085.10	215.39	86
32	14	PCH25 (1")	15.00	176.71	373.5	38085.80	215.52	86
33	14	PCH26 (1")	15.10	179.08	378.1	38554.86	215.30	86
34	14	PCH27 (1")	15.20	181.46	383.3	39085.10	215.39	86
35	14	PCH28 (1")	15.00	176.71	372.6	37994.02	215.00	86
36	14	PCH29 (1")	15.10	179.08	377.6	38503.87	215.01	86
37	28	PCH11 (1/2")	15.20	181.46	508.1	51810.96	285.52	114
38	28	PCH12 (1/2")	15.00	176.71	494.9	50464.95	285.57	114
39	28	PCH13 (1/2")	15.10	179.08	501.2	51107.36	285.39	114
40	28	PCH14 (1/2")	15.20	181.46	507.9	51790.56	285.41	114
41	28	PCH15 (1/2")	15.00	176.71	494.8	50454.76	285.52	114
42	28	PCH16 (1/2")	15.10	179.08	501.6	51148.15	285.62	114
43	28	PCH17 (1/2")	15.20	181.46	507.9	51790.56	285.41	114
44	28	PCH18 (1/2")	15.00	176.71	494.9	50464.95	285.57	114
45	28	PCH19 (1/2")	15.10	179.08	501.4	51127.76	285.50	114
46	28	PCH1 (1")	15.20	181.46	454.7	46365.76	255.52	102
47	28	PCH2 (1")	15.00	176.71	442.6	45131.92	255.39	102
48	28	PCH3 (1")	15.10	179.08	448.5	45733.55	255.38	102
49	28	PCH4 (1")	15.20	181.46	454.3	46324.97	255.29	102
50	28	PCH5 (1")	15.00	176.71	441.9	45060.54	254.99	102
51	28	PCH6 (1")	15.10	179.08	448.7	45753.94	255.50	102
52	28	PCH7 (1")	15.20	181.46	453.8	46273.99	255.01	102
53	28	PCH8 (1")	15.00	176.71	442.8	45152.32	255.51	102
54	28	PCH9 (1")	15.10	179.08	448.5	45733.55	255.38	102

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43

Peso Unitario del Concreto Endurecido

Ensayo N°	Edad en días	Longitud (cm)	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	Peso C° Endurecido (kg)	Peso C° Endurecido (kg/m3)
1	7	30.2	PCH11 (1/2")	15.20	347.90	35475.36	12.28	2240.86
2	7	30.1	PCH12 (1/2")	15.00	329.30	33578.72	12.14	2282.34
3	7	29.8	PCH13 (1/2")	15.10	332.80	33935.62	12.15	2276.75
4	7	30.2	PCH14 (1/2")	15.20	347.00	35383.59	12.24	2233.56
5	7	30.1	PCH15 (1/2")	15.00	329.30	33578.72	12.26	2304.90
6	7	29.8	PCH16 (1/2")	15.10	333.90	34047.78	12.34	2312.36
7	7	30.2	PCH17 (1/2")	15.20	347.20	35403.98	12.15	2217.14
8	7	30.1	PCH18 (1/2")	15.00	336.20	34282.31	12.25	2303.02
9	7	29.8	PCH19 (1/2")	15.10	341.60	34832.95	12.54	2349.84
10	7	30.2	PCH1 (1")	15.20	287.40	29306.18	12.24	2233.56
11	7	30.1	PCH2 (1")	15.00	277.30	28276.28	12.26	2304.90
12	7	29.8	PCH3 (1")	15.10	281.00	28653.57	12.25	2295.49
13	7	30.2	PCH4 (1")	15.20	286.50	29214.41	12.24	2233.56
14	7	30.1	PCH5 (1")	15.00	280.70	28622.98	12.25	2303.02
15	7	29.8	PCH6 (1")	15.10	282.70	28826.92	12.54	2349.84
16	7	30.2	PCH7 (1")	15.20	285.60	29122.63	12.51	2282.83
17	7	30.1	PCH8 (1")	15.00	279.00	28449.63	12.39	2329.34
18	7	29.8	PCH9 (1")	15.10	283.60	28918.69	12.24	2293.62

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44

Peso Unitario del Concreto Endurecido

Ensayo N°	Edad en días	Longitud (cm)	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	Peso C° Endurecido (kg)	Peso C° Endurecido (kg/m3)
19	14	30.2	PCH31 (1/2")	15.20	394.20	40196.57	12.15	2217.14
20	14	30.1	PCH32 (1/2")	15.00	384.70	39227.86	12.24	2301.14
21	14	29.8	PCH33 (1/2")	15.10	388.10	39574.56	12.26	2297.37
22	14	30.2	PCH34 (1/2")	15.20	394.70	40247.56	12.34	2251.81
23	14	30.1	PCH35 (1/2")	15.00	384.90	39248.25	12.15	2284.22
24	14	29.8	PCH36 (1/2")	15.10	389.90	39758.1	12.25	2295.49
25	14	30.2	PCH37 (1/2")	15.20	394.30	40206.77	12.54	2288.30
26	14	30.1	PCH38 (1/2")	15.00	383.90	39146.28	12.24	2301.14
27	14	29.8	PCH39 (1/2")	15.10	389.90	39758.1	12.51	2344.21
28	14	30.2	PCH21 (1")	15.20	373.70	38106.19	12.51	2282.83
29	14	30.1	PCH22 (1")	15.00	365.70	37290.43	12.39	2329.34
30	14	29.8	PCH23 (1")	15.10	369.70	37698.31	12.52	2346.09
31	14	30.2	PCH24 (1")	15.20	373.70	38106.19	12.25	2235.38
32	14	30.1	PCH25 (1")	15.00	365.70	37290.43	12.39	2329.34
33	14	29.8	PCH26 (1")	15.10	371.40	37871.66	12.46	2334.84
34	14	30.2	PCH27 (1")	15.20	373.90	38126.58	12.51	2282.83
35	14	30.1	PCH28 (1")	15.00	365.00	37219.05	12.28	2308.66
36	14	29.8	PCH29 (1")	15.10	370.00	37728.9	12.14	2274.88

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45

Peso Unitario del Concreto Endurecido

Ensayo N°	Edad en días	Longitud (cm)	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	Peso C° Endurecido (kg)	Peso C° Endurecido (kg/m3)
37	28	30.2	PCH11 (1/2")	15.20	47181.52	260.01	12.24	2233.56
38	28	30.1	PCH12 (1/2")	15.00	46121.03	260.99	12.24	2301.14
39	28	29.8	PCH13 (1/2")	15.10	46651.28	260.51	12.26	2297.37
40	28	30.2	PCH14 (1/2")	15.20	47181.52	260.01	12.34	2251.81
41	28	30.1	PCH15 (1/2")	15.00	46121.03	260.99	12.25	2303.02
42	28	29.8	PCH16 (1/2")	15.10	46579.90	260.11	12.26	2297.37
43	28	30.2	PCH17 (1/2")	15.20	47375.26	261.08	12.34	2251.81
44	28	30.1	PCH18 (1/2")	15.00	46029.26	260.47	12.15	2284.22
45	28	29.8	PCH19 (1/2")	15.10	46743.05	261.02	12.25	2295.49
46	28	30.2	PCH1 (1")	15.20	444.90	45366.45	12.46	2273.70
47	28	30.1	PCH2 (1")	15.00	431.50	44000.06	12.51	2351.90
48	28	29.8	PCH3 (1")	15.10	438.20	44683.25	12.52	2346.09
49	28	30.2	PCH4 (1")	15.20	443.10	45182.91	12.25	2235.38
50	28	30.1	PCH5 (1")	15.00	433.20	44173.4	12.24	2301.14
51	28	29.8	PCH6 (1")	15.10	438.30	44693.45	12.26	2297.37
52	28	30.2	PCH7 (1")	15.20	445.10	45386.85	12.34	2251.81
53	28	30.1	PCH8 (1")	15.00	432.40	44091.83	12.15	2284.22
54	28	29.8	PCH9 (1")	15.10	437.30	44591.48	12.25	2295.49

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46

Peso Unitario del Concreto Fresco

Ensayo N°	Edad en días	Longitud (cm)	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	Peso C° + Molde (Kg)	Peso Molde (Kg)	Peso C° Fresco (Kg)	Peso Unnitario C° Fresco (kg/m3)
1	7	30.2	PCH11 (1/2")	15.20	347.9	35475.36	20.499	7.745	12.75	2327.35
2	7	30.1	PCH12 (1/2")	15.00	329.3	33578.72	20.099	7.699	12.40	2331.22
3	7	29.8	PCH13 (1/2")	15.10	332.8	33935.62	20.199	7.682	12.52	2345.53
4	7	30.2	PCH14 (1/2")	15.20	347	35383.59	20.498	7.745	12.75	2327.17
5	7	30.1	PCH15 (1/2")	15.00	329.3	33578.72	20.098	7.699	12.40	2331.03
6	7	29.8	PCH16 (1/2")	15.10	333.9	34047.78	20.210	7.682	12.53	2347.59
7	7	30.2	PCH17 (1/2")	15.20	347.2	35403.98	20.480	7.745	12.74	2323.89
8	7	30.1	PCH18 (1/2")	15.00	336.2	34282.31	20.110	7.699	12.41	2333.29
9	7	29.8	PCH19 (1/2")	15.10	341.6	34832.95	20.180	7.682	12.50	2341.97
10	7	30.2	PCH1 (1")	15.20	287.4	29306.18	20.800	7.745	13.06	2382.28
11	7	30.1	PCH2 (1")	15.00	277.3	28276.28	20.400	7.699	12.70	2387.81
12	7	29.8	PCH3 (1")	15.10	281	28653.57	20.410	7.682	12.73	2385.06
13	7	30.2	PCH4 (1")	15.20	286.5	29214.41	20.800	7.745	13.06	2382.28
14	7	30.1	PCH5 (1")	15.00	280.7	28622.98	20.400	7.699	12.70	2387.81
15	7	29.8	PCH6 (1")	15.10	282.7	28826.92	20.410	7.682	12.73	2385.06
16	7	30.2	PCH7 (1")	15.20	285.6	29122.63	20.800	7.745	13.06	2382.28
17	7	30.1	PCH8 (1")	15.00	279	28449.63	20.400	7.699	12.70	2387.81
18	7	29.8	PCH9 (1")	15.10	283.6	28918.69	20.410	7.682	12.73	2385.06

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47

Peso Unitario del Concreto Fresco

Ensayo N°	Edad en días	Longitud (cm)	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	Peso C° + Molde (Kg)	Peso Molde (Kg)	Peso C° Fresco (Kg)	Peso Unnitario C° Fresco (kg/m3)
19	14	30.2	PCH31 (1/2")	15.20	394.2	40196.57	20.401	7.745	12.66	2309.47
20	14	30.1	PCH32 (1/2")	15.00	384.7	39227.86	20.100	7.699	12.40	2331.41
21	14	29.8	PCH33 (1/2")	15.10	388.1	39574.56	20.200	7.682	12.52	2345.71
22	14	30.2	PCH34 (1/2")	15.20	394.7	40247.56	20.499	7.745	12.75	2327.35
23	14	30.1	PCH35 (1/2")	15.00	384.9	39248.25	20.100	7.699	12.40	2331.41
24	14	29.8	PCH36 (1/2")	15.10	389.9	39758.1	20.211	7.682	12.53	2347.77
25	14	30.2	PCH37 (1/2")	15.20	394.3	40206.77	20.482	7.745	12.74	2324.25
26	14	30.1	PCH38 (1/2")	15.00	383.9	39146.28	20.111	7.699	12.41	2333.47
27	14	29.8	PCH39 (1/2")	15.10	389.9	39758.1	20.190	7.682	12.51	2343.84
28	14	30.2	PCH21 (1")	15.20	373.7	38106.19	20.798	7.745	13.05	2381.92
29	14	30.1	PCH22 (1")	15.00	365.7	37290.43	20.399	7.699	12.70	2387.62
30	14	29.8	PCH23 (1")	15.10	369.7	37698.31	20.409	7.682	12.73	2384.88
31	14	30.2	PCH24 (1")	15.20	373.7	38106.19	20.798	7.745	13.05	2381.92
32	14	30.1	PCH25 (1")	15.00	365.7	37290.43	20.398	7.699	12.70	2387.43
33	14	29.8	PCH26 (1")	15.10	371.4	37871.66	20.411	7.682	12.73	2385.25
34	14	30.2	PCH27 (1")	15.20	373.9	38126.58	20.799	7.745	13.05	2382.10
35	14	30.1	PCH28 (1")	15.00	365	37219.05	20.387	7.699	12.69	2385.36
36	14	29.8	PCH29 (1")	15.10	370	37728.9	20.400	7.682	12.72	2383.19

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48

Peso Unitario del Concreto Fresco

Ensayo N°	Edad en días	Longitud (cm)	Código de especímenes	Diámetro (cm)	Carga de ruptura (KN)	Carga de ruptura (Kg)	Peso C° + Molde (Kg)	Peso Molde (Kg)	Peso C° Fresco (Kg)	Peso Unnitario C° Fresco (kg/m3)
37	28	30.2	PCH11 (1/2")	15.20	47181.52	260.01	20.501	7.745	12.76	2327.72
38	28	30.1	PCH12 (1/2")	15.00	46121.03	260.99	20.098	7.699	12.40	2331.03
39	28	29.8	PCH13 (1/2")	15.10	46651.28	260.51	20.198	7.682	12.52	2345.34
40	28	30.2	PCH14 (1/2")	15.20	47181.52	260.01	20.500	7.745	12.76	2327.54
41	28	30.1	PCH15 (1/2")	15.00	46121.03	260.99	20.099	7.699	12.40	2331.22
42	28	29.8	PCH16 (1/2")	15.10	46579.9	260.11	20.220	7.682	12.54	2349.46
43	28	30.2	PCH17 (1/2")	15.20	47375.26	261.08	20.482	7.745	12.74	2324.25
44	28	30.1	PCH18 (1/2")	15.00	46029.26	260.47	20.112	7.699	12.41	2333.66
45	28	29.8	PCH19 (1/2")	15.10	46743.05	261.02	20.119	7.682	12.44	2330.53
46	28	30.2	PCH1 (1")	15.20	444.9	45366.45	20.801	7.745	13.06	2382.46
47	28	30.1	PCH2 (1")	15.00	431.5	44000.06	20.397	7.699	12.70	2387.24
48	28	29.8	PCH3 (1")	15.10	438.2	44683.25	20.411	7.682	12.73	2385.25
49	28	30.2	PCH4 (1")	15.20	443.1	45182.91	20.801	7.745	13.06	2382.46
50	28	30.1	PCH5 (1")	15.00	433.2	44173.4	20.387	7.699	12.69	2385.36
51	28	29.8	PCH6 (1")	15.10	438.3	44693.45	20.401	7.682	12.72	2383.38
52	28	30.2	PCH7 (1")	15.20	445.1	45386.85	20.789	7.745	13.04	2380.27
53	28	30.1	PCH8 (1")	15.00	432.4	44091.83	20.377	7.699	12.68	2383.48
54	28	29.8	PCH9 (1")	15.10	437.3	44591.48	20.402	7.682	12.72	2383.57

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO B DISEÑOS DE MEZCLAS

Tabla 49

Resumen de propiedades de los agregados para diseños de mezclas

Características	Agregado fino	Agregado grueso TMN=1/2"	Agregado grueso TMN=1"	Cemento
Humedad natural %	3.94	1.06	0.52	
Absorción %	2.04	1.31	0.65	
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.58	2.69	2.70	3.15
Tamaño máximo nominal		1/2"	1"	
Módulo de fineza	2.91	6.86	7.76	
Peso unitario suelto (kg/cm ³)	1552	1437	1406	
Peso unitario varillado (kg/cm ³)	1733	1574	1560	

Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO DE MEZCLA $f'c=250 \text{ Kg/Cm}^2$, con TMN=1/2".

1.-Determinación de la resistencia promedio (Control de calidad bueno).

Se elegirá el valor:

$$f'_{cr} = 300 \text{ kg/cm}^3$$

2.- Selección del tamaño máximo nominal.

$$TM = 1/2"$$

3.-Selección del asentamiento.

$$\text{PLASTICA} : 3" \text{ a } 4"$$

4.-Volumen unitario de agua (Tabla 9)

$$216 \text{ lt/m}^3$$

Contenido de aire total (Tabla 9):

$$2.50\%$$

5.-RELACION AGUA/CEMENTO

Relación agua/cemento por resistencia Tabla 10, para un $f'_{cr} = 300 \text{ kg/m}^3$ le corresponde:

$$\text{Relación agua/ cemento} = 0.55$$

6.-Factor cemento

$$\text{factor cemento} = \frac{393 \text{ kg/m}^3}{42.5 \text{ kg/bol}} = 9.24 \text{ bol/m}^3$$

Calculo de los volúmenes absolutos:

Conocidos los pesos del cemento y agua, así como el volumen del aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes:

-Cemento	392.73 kg/m ³	/ 3.15 gr/cm ³	=	0.125 m ³
-Agua	216 lt/m ³	/ 1000 kg/m ³	=	0.216 m ³
-Aire	2.50%	x 1m ³	=	0.025 m ³
				0.366 m ³
suma de volúmenes conocidos				= 0.366 m ³

Volumen absoluto del agregado:

El volumen absoluto del agregado es igual a la unidad menos el volumen absoluto de la pasta:

$$\text{-Volumen absoluto del agregado} = 1 \text{ m}^3 - 0.366 \text{ m}^3 = 0.634 \text{ m}^3$$

7.-Calculo del módulo de fineza de la combinación de agregados (Tabla 11)

$$m = 4.69$$

Cálculo del valor de r_r :

$$r_r = \frac{m_g - m}{m_g - m_r} \times 100$$

$$r_r = \frac{6.86 - 4.69}{6.86 - 2.91}$$

$$r_r = 54.90\%$$

8.-Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado.

$$\text{-Volumen absoluto de agregado fino} = 0.634 \text{ m}^3 \times 0.549 = 0.348 \text{ m}^3$$

$$\text{-Volumen absoluto de agregado grueso} = 0.634 \text{ m}^3 \times 0.451 = 0.286 \text{ m}^3$$

Pesos secos de los agregados:

$$\begin{aligned} \text{-Agregado fino} & 0.348 \text{ m}^3 \times 2.58 \text{ gr/cm}^3 = 897.8 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Agregado grueso} & 0.286 \text{ m}^3 \times 2.69 \text{ gr/cm}^3 = 769.0 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Valores de diseño:

Las cantidades de materiales, calculadas por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, a ser empleadas como valores de diseño serán:

$$\begin{aligned} \text{-Cemento} & = 392.73 \text{ kg/m}^3 \\ \text{-Agua de diseño} & = 216.00 \text{ kg/m}^3 \\ \text{-Agregado fino seco} & = 897.80 \text{ kg/m}^3 \\ \text{-Agregado grueso seco} & = 769.00 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

9.-Correccion por humedad del agregado.

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto deben ser corregidas en función de condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

Peso húmedo del:

$$\begin{aligned} \text{-Agregado fino} & = 897.8 \text{ kg/m}^3 \times 1.039 = 933 \text{ kg/m}^3 \\ \text{-Agregado grueso} & = 769.0 \text{ kg/m}^3 \times 1.011 = 777 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

A continuación determinaremos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial:

$$\begin{aligned} \text{-Agregado fino} & = 3.94\% - 2.04\% = 1.90\% \\ \text{-Agregado grueso} & = 1.06\% - 1.31\% = -0.25\% \end{aligned}$$

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Aporte de humedad

$$\begin{aligned} \text{-Agregado fino} & = 898 \text{ kg/m}^3 \times (0.019) = 17.06 \text{ kg/m}^3 \\ \text{-Agregado grueso} & = 769 \text{ kg/m}^3 \times - (0.0025) = -1.92 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = 15.14 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{-Agua afectiva} = 216 \text{ kg/m}^3 - 15.14 \text{ kg/m}^3 = 200.86 \text{ kg/m}^3$$

Y los pesos de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, ya corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en la mezcla de prueba será:

-Cemento	= 393 kg/m ³
-Agua Efectiva	= 201 kg/m ³
-Agregado fino húmedo	= 933 kg/m ³
-Agregado grueso húmedo	= 777 kg/m ³

Proporción en peso:

La proporción en peso de los materiales sin corregir y ya corregidos por humedad del agregado serán:

Proporciones de diseño:

-Cemento	= 393 kg/m ³	/	393 kg/m ³	=	1
-Agua diseño	= 216 kg/m ³	/	393 kg/m ³	=	0.55
-Agregado fino seco	= 898 kg/m ³	/	393kg/m ³	=	2.29
-Agregado grueso seco	= 769 kg/m ³	/	393 kg/m ³	=	1.96

Proporciones de obra:

-Cemento	= 393 kg/m ³	/	393 kg/m ³	=	1
-Agua efectiva	= 201 kg/m ³	/	393 kg/m ³	=	0.51
-Agregado fino húmedo	= 933 kg/m ³	/	393 kg/m ³	=	2.37
-Agregado grueso húmedo	= 777 kg/m ³	/	393 kg/m ³	=	1.98

$$1 : 2.37 : 1.98 / 21.70 \text{ lt/saco}$$

DISEÑO DE MEZCLA $f'c=250 \text{ Kg/Cm}^2$, con $TMN=1''$.

1.-Determinación de la resistencia promedio (Control de calidad bueno).

Se elegirá el valor:

$$f'_{cr} = 300 \text{ kg/cm}^3$$

2.-Selección del tamaño máximo nominal.

$$TM = 1''$$

3.-Selección del asentamiento

$$\text{PLASTICA} : 3'' \text{ a } 4''$$

4.-Volumen unitario de agua (Tabla 9).

$$193 \text{ lt/m}^3$$

Contenido de aire total (Tabla 9):

$$1.50\%$$

5.-Relación agua/cemento

Relación agua/cemento por resistencia Tabla 10, para un $f'_{cr} = 300 \text{ kg/m}^3$

le corresponde:

$$\text{Relación agua/ cemento} = 0.55$$

6.-Factor cemento.

$$\text{factor cemento} = \frac{350.9 \text{ kg/m}^3}{42.5 \text{ kg/bol}} = 8.26 \text{ bol/m}^3$$

Cálculo de los volúmenes absolutos:

Conocidos los pesos del cemento y agua, así como el volumen del aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes:

Cemento	350.91 kg/m ³	/ 3.15 gr/cm ³	= 0.111 m ³
Agua	193.00 kg/m ³	/ 1000.00 gr/cm ³	= 0.193 m ³
Aire	0.015 kg/m ³	x 1m ³	= 0.015 m ³
			<hr/>
SUMA DE VOLUMENES CONOCIDOS			0.319 m ³

Volumen absoluto del agregado

El volumen absoluto del agregado es igual a la unidad menos el volumen absoluto de la pasta:

$$\text{Volumen absoluto del agregado} = 1 \text{ m}^3 - 0.319 \text{ m}^3 = 0.681 \text{ m}^3$$

7.-cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados (Tabla 11).

$$m = 5.43$$

Cálculo del valor de r_r :

$$r_r = \frac{m_g - m}{m_g - m_r} \times 100$$
$$r_r = \frac{7.76 - 5.43}{7.76 - 2.91}$$
$$r_r = 48.04\%$$

8.-Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado.

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agregado fino} &= 0.681 \text{ m}^3 \quad \times 0.480 = 0.327 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= 0.681 \text{ m}^3 \quad \times 0.520 = 0.354 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pesos secos de los agregados

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino} \quad 0.327 \text{ m}^3 \quad \times 2.58 \text{ gr/cm}^3 &= 844 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregado grueso} \quad 0.354 \text{ m}^3 \quad \times 2.70 \text{ gr/cm}^3 &= 956 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Valores de diseño

Las cantidades de materiales, calculadas por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, a ser empleadas como valores de diseño serán:

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 351 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agua de diseño} &= 193 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregado fino seco} &= 844 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregado grueso seco} &= 956 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

9.-Corrección por humedad del agregado.

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto deben ser corregidas en función de condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

Peso húmedo del:

Agregado fino	= 844 kg/m ³	x 1.039	=	877 kg/m ³
Agregado grueso	= 956 kg/m ³	x 1.005	=	961 kg/m ³

A continuación determinaremos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial

Agregado fino	= 3.94%	- 2.04%	=	1.90%
Agregado grueso	= 0.52%	- 0.65%	=	-0.13%

Y los aportes de humedad de los agregados serán:

Aporte de humedad

Agregado fino	= 843.7 kg/m ³	x (0,019)	=	16.03 kg/m ³
Agregado grueso	= 956 kg/m ³	x (0,0013)	=	-1.24 kg/m ³

Aporte de humedad de los agregados

- Agua afectiva	= 193 kg/m ³	- 14.79 kg/m ³
-----------------	-------------------------	---------------------------

Y los pesos de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, ya corregidos por humedad del agregado, a ser empleados en la mezcla de prueba será:

Cemento	= 351 kg/m ³
Agua Efectiva	= 178 kg/m ³
Agregado fino húmedo	= 877 kg/m ³
Agregado grueso húmedo	= 961 kg/m ³

Proporción en peso:

La proporción en peso de los materiales sin corregir y ya corregidos por humedad del agregado serán:

Proporciones de diseño:

Cemento	= 351 kg/m ³	/351 kg/m ³	= 1
Agua diseño	= 193 kg/m ³	/ 351 kg/m ³	= 0.55
Agregado fino seco	= 844 kg/m ³	/ 351 kg/m ³	= 2.40
Agregado grueso seco	= 956 kg/m ³	/ 351 kg/m ³	= 2.72

Proporciones de obra:

Cemento	= 351 kg/m ³	/ 351 kg/m ³	=1
Agua efectiva	= 178 kg/m ³	/ 351 kg/m ³	=0.51
Agregado fino húmedo	= 877 kg/m ³	/ 351 kg/m ³	=2.50
Agregado grueso húmedo	= 961 kg/m ³	/ 351 kg/m ³	=2.74

1 : 2.50 : 2.74 : 21.70

PESO DE MATERIALES POR TANDA

Primeramente se encontró el volumen de concreto por tanda, para tres testigos y una prueba slump.

PESO DE MATERIALES POR TANDA

Una Tanda= 3 testigos

Cantidad de testigos por tanda	A	=	3	und
N° Pruebas slump por tanda	B	=	1	und
Volumen de concreto por testigo	C	=	0.005	m ³
Volumen del cono de Abrams	D	=	0.005	m ³
Volumen de concreto para testigos	E=A*C	=	0.015	m ³
Volumen de concreto para slump	F=B*D	=	0.005	m ³
VOLUMEN TOTAL DE C° POR TANDA	G=E+F	=	0.020	m ³

El volumen de 0,020 m³ encontrado, se multiplica por cada peso de los materiales determinados para un metro cúbico de concreto, en cada resistencia de diseño.

Proporcionamiento por tanda, tamaño máximo nominal 1/2":

1 : 2.37 : 1.98 / 21.70 lt/saco

Cemento	=	393 kg/m ³	x	0.02 m ³	=	7.86 kg
Agua efectiva	=	201 kg/m ³	x	0.02 m ³	=	4.02 kg
Agregado fino	=	933 kg/m ³	x	0.02 m ³	=	18.66 kg
Agregado grueso	=	777 kg/m ³	x	0.02 m ³	=	<u>15.54 kg</u>
Sub total						46.08 kg
Desperdicios (2.00%)						<u>0.92 kg</u>
TOTAL						47.00 kg

Cada tanda se hizo de 47kg. A continuación se presenta la corrección del peso de los materiales utilizados en una tanda:

Cemento	=	8.02 kg
Agua efectiva	=	4.10 kg
Agregado fino	=	19.03 kg
Agregado grueso	=	<u>15.85 kg</u>
		47.00 kg

Proporcionamiento por tanda, tamaño máximo nominal 1":

	1	:	2.50	:	2.74	/ 21.70 lt/saco
Cemento	=	351 kg/m ³	x	0.02 m ³	=	7.02 kg
Agua efectiva	=	178 kg/m ³	x	0.02 m ³	=	3.56 kg
Agregado fino	=	877 kg/m ³	x	0.02 m ³	=	17.54 kg
Agregado grueso	=	961 kg/m ³	x	0.02 m ³	=	<u>19.22 kg</u>
Sub total						47.34 kg
Desperdicios (1.4%)						<u>0.66 kg</u>
TOTAL						48.00 kg

Cada tanda se hizo de 48kg. A continuación se presenta la corrección del peso de los materiales utilizados en una tanda:

Cemento	=	7.12 kg
Agua efectiva	=	3.61 kg
Agregado fino	=	17.79 kg
Agregado grueso	=	<u>19.49 kg</u>
		48.00 kg

ANEXO C

RESISTENCIAS NOMINALES DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES

Utilizando la fórmula 5 y la temperatura del agua de curado que resultó 20,5°C, se obtiene la edad teórica “d”.

$$d = \frac{(20.5 + 10)7}{30} = 7.12 \text{ días}$$

$$d = \frac{(20.5 + 10)14}{30} = 14.23 \text{ días}$$

$$d = \frac{(20.5 + 10)21}{30} = 21.35 \text{ días}$$

$$d = \frac{(20.5 + 10)28}{30} = 28.47 \text{ días}$$

Para utilizar la fórmula 2, plasmada en el marco teórico, considero el factor S=0,38 (para cemento de endurecimiento lento) y las edades teóricas “d” ya encontradas, para cada edad real (7, 14, 21 y 28 días)

$$K_{(7\text{días})} = e^{\left[0.38\left(1 - \sqrt{\frac{28}{7.12}}\right)\right]} = 0.688 \cong 0.69$$

$$K_{(14\text{días})} = e^{\left[0.38\left(1 - \sqrt{\frac{28}{14.23}}\right)\right]} = 0.858 \cong 0.86$$

$$K_{(21\text{días})} = e^{\left[0.38\left(1 - \sqrt{\frac{28}{21.35}}\right)\right]} = 0.946 \cong 0.95$$

$$K_{(28\text{días})} = e^{\left[0.38\left(1 - \sqrt{\frac{28}{28.47}}\right)\right]} = 1.003 \cong 1.00$$

Al reemplazar estos coeficientes en la fórmula 1, se obtiene los esfuerzos nominales.

ANEXO D
PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 41. Acopio de materiales.

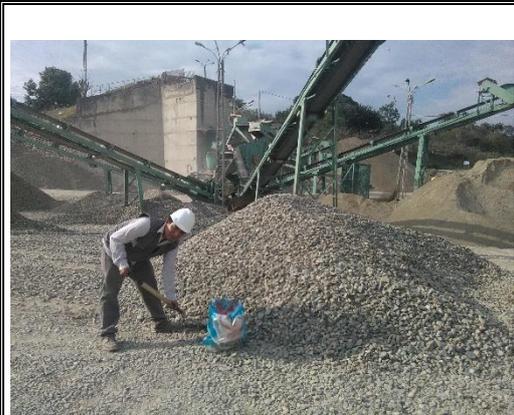


Figura 42. Piedra chancada TMN=1”



Figura 43. Arena gruesa

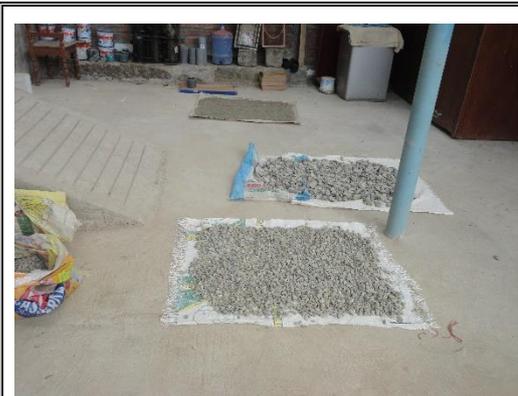


Figura 44. Muestras en el laboratorio



Figura 45. Vaciado de arena en molde



Figura 46. Enrasado



Figura 47. Peso de muestra suelta



Figura 48. Compactado de muestra, PCH 1”.



Figura 49. Compactado de muestra, PCH 1/2”.



Figura 50. Cuarteo del agregado fino.



Figura 51. Lavado del agregado fino.



Figura 52. Tamizado.



Figura 53. Agregados húmedos.



Figura 54. Peso húmedo del agregado fino.



Figura 55. Secado de los agregados.



Figura 56. Agregado sumergido en agua



Figura 57. Obteniendo el estado superficialmente seco.



Figura 58. Peso sumergido.



Figura 59. Obteniendo el estado superficialmente seco.



Figura 60. Vaciando de arena en el pignómetro.



Figura 61. Baño de agua del pignómetro.



Figura 62. Agregado grueso después de la carga abrasiva.



Figura 63. Utilizando el tamiz N° 12.



Figura 64. Agregado retenido en el tamiz N° 12.



Figura 65. Peso del Agregado fino.



Figura 66. Peso del cemento.



Figura 67. Medida del contenido de agua.



Figura 68. Mezclado de los materiales.



Figura 69. Varillado en la prueba slump.



Figura 70. Cono de Abrams + mezcla.



Figura 71. Ensayo del slump.



Figura 72. Medida del slump.



Figura 73. Baño de agua del pignómetro.



Figura 74. Agregado grueso después de la carga abrasiva.



Figura 75. Utilizando el tamiz N° 12.



Figura 76. Curado de muestras.



Figura 77. Testigos secados para el ensayo a compresión.



Figura 78. Equipo para el ensayo a compresión.



Figura 79. Deformimetro



Figura 80. Ensayo a compresión.



Figura 81. Deformación total.



Figura 82. Falla a compresión.