

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



EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS
DE LOS AGREGADOS PARA EL USO EN EL DISEÑO DE
CONCRETO $f'_c = 250\text{Kg/Cm}^2$ DE LA CANTERA “RIO CHINCHIPE”
DE LA CIUDAD DE SAN IGNACIO

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Presentado por:

BACHILLER:

ELFER RUBÉN VILLEGAS CÓRDOVA

ASESOR: Ing. EVER RODRIGUEZ GUEVARA

Jaén - Cajamarca – Perú

2017

AGRADECIMIENTO

A Dios por que estuvo siempre con nosotros guiándonos en todos los momentos importantes de nuestras vidas y por darnos la fuerza necesaria para seguir adelante y hacer realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA SEDE JAÉN por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales.

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

Elfer Rubén Villegas Córdova

INDICE

AGRADECIMIENTO	ii
INDICE	iii
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Hipótesis general	3
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.5. Alcances o delimitación de la investigación	3
1.6. Objetivos	4
1.6.1. Objetivo general.....	4
1.6.2. Objetivos específicos	4
CAPITULO II	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes teóricos.....	5
2.1.1. Internacionales	5
2.1.2. Nacionales	5
2.1.3. Locales	6
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Cementos portland	8
2.2.2. Agua. Propiedades físicas y químicas del agua de mezclado.....	8
2.2.3. Agregados (arena y grava).....	10
2.2.4. Diseño de mezclas.....	26
2.2.5. Ensayo en el hormigón endurecido (probetas).....	27
2.3. Definición de términos básicos	28
2.3.1. Aglomerante o conglomerante	28
2.3.2. Agregado	28

2.3.3.	Agregado fino	28
2.3.4.	Agregado grueso.	28
2.3.5.	Agrietamiento o fisuración.....	29
2.3.6.	Cemento	29
2.3.7.	Cementante.....	29
2.3.8.	Concreto hidráulico o concreto	29
2.3.9.	Concreto endurecido	29
2.3.10.	Concreto expuesto	29
2.3.11.	Concreto fresco	30
2.3.12.	Concreto simple	30
2.3.13.	Contenido de humedad.....	30
2.3.14.	Curado del concreto	30
2.3.15.	Diseño de mezcla	30
2.3.16.	Dosificación	30
2.3.17.	Durabilidad.....	31
2.3.18.	Espécimen	31
2.3.19.	Estructura.....	31
2.3.20.	Exudación.....	31
2.3.21.	Fraguado.....	31
2.3.22.	Hidratación	31
2.3.23.	Hormigón	31
2.3.24.	Impermeabilidad.....	32
2.3.25.	Intemperismo	32
2.3.26.	Laboratorio	32
2.3.27.	Piedra triturada o chancada	32
2.3.28.	Probeta o testigo	32
CAPÍTULO III		33
3. MATERIALES Y MÉTODOS		33
3.1.	Ubicación Geográfica de la Investigación	33
3.2.	Origen de los agregados	35
3.3.	Materiales utilizados en los concretos de la investigación.....	35
3.3.1.	Cemento	35
3.3.2.	Agua.....	36

3.3.3.	Agregados	36
3.3.4.	Aire atrapado.....	36
3.3.5.	Descripción de ensayos.....	36
3.4.	Pasos para Diseños de Mezclas - Método Del ACI 211	56
3.5.	Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.....	60
CAPITULO IV	.....	63
4.	ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	63
4.1.	Muestreo de los materiales.	63
4.1.1.	Muestras confiables	63
4.1.2.	Muestreo de fajas transportadoras.....	63
4.1.3.	Número y masa de las muestras de campo	64
4.2.	Análisis granulométrico (ASTM C-136).....	66
4.2.1.	Agregado fino	66
4.2.2.	Agregado grueso.	68
4.2.3.	Comentarios a los resultados.....	70
4.3.	Contaminación de los agregados (MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 200)-ASTM C 117.	71
4.3.1.	Comentarios a los resultados:	72
4.4.	Contenido de humedad (ASTM D-2216).	72
4.4.1.	Comentarios a los resultados.....	73
4.5.	Gravedad específica y absorción ASTM C 128. Cálculos	73
4.5.1.	Comentarios a los resultados.....	74
4.6.	Peso unitario volumétrico (ASTM C-294).....	74
4.6.1.	Comentarios a los resultados.....	76
4.7.	Abrasión por la máquina de los ángeles (ASTM C-131).	76
4.7.1.	Comentarios a los resultados.....	77
CAPÍTULO V	.....	78
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1.	Conclusiones	78
5.2.	Recomendaciones.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	81
ANEXOS	.....	83

INDICE DE TABLAS

Contenido	pag.
Tabla 1 Graduación del agregado fino.....	11
Tabla 2 Requisitos granulométricos de la ASTM C 33 para agregado grueso.....	17
Tabla 3 Tipos de abrasión.....	23
Tabla 4 Carga abrasiva según el número de esferas.....	24
Tabla 5 Señala los requisitos de límites de aceptación.....	25
Tabla 6 Coordenadas De La Cantera Rio Chinchipe.....	33
Tabla 7 <i>Tipos de Abrasión</i>	49
Tabla 8 <i>Cargas Abrasivas</i>	49
Tabla 9 Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.....	56
Tabla 10 Agua, Kg/m ³ de concreto para TM nominal de agregado indicado y % de aire estimado.....	57
Tabla 11 Resistencia promedio a la compresión requerida.....	58
Tabla 12 Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto.....	58
Tabla 13 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	59
Tabla 14 Cantidad de pruebas slump y testigos de concreto por cada mezcla y perfil de agregado grueso.....	62
Tabla 15 Análisis Granulométrico Por Tamizado.....	66
Tabla 16 Análisis Granulométrico Por Tamizado.....	68
Tabla 17 Parámetros Granulométricos Para El Agregado Fino.....	70
Tabla 18 Contaminación del agregado fino.....	71
Tabla 19 Contaminación del agregado grueso.....	71
Tabla 20 Contenido de humedad del agregado fino.....	72
Tabla 21 Contenido de humedad del agregado fino.....	73
Tabla 22 Peso específico de masa y Absorción del agregado fino.....	73
Tabla 23 Peso específico de masa y Absorción del agregado fino.....	73
Tabla 24 Peso Unitario Volumétrico Suelto-Agregado Fino.....	74
Tabla 25 Peso Unitario Volumétrico Suelto-Agregado Fino.....	75
Tabla 26 Peso Unitario Volumétrico Suelto-Agregado grueso.....	75
Tabla 27 Peso Unitario Volumetrico Compactado (Agreg. fino).....	75

Tabla 28 Peso Unitario Volumetrico Compactado (Agreg. grueso).....	75
Tabla 29 Ensayo De Resistencia A La Abrasión	76
Tabla 30 Propiedades físicas y mecánicas de los agregados	78
Tabla 31 Proporciones de Diseño de la Mezcla.....	79
Tabla 32 Ensayo de asentamientos	86
Tabla 33 Ensayos a la Compresión de probetas.....	87

INDICE DE FIGURAS

Contenido	pag.
Figura 1. Condiciones húmedas de los agregados.	14
Figura 2. Localización de la provincia de San Ignacio	33
Figura 3. Localización de la cantera Rio Chinchipe de la provincia de San Ignacio ..	34
Figura 4. Ubicación de la cantera Rio Chinchipe de la provincia de San Ignacio.....	34
Figura 5. Tamizado del agregado grueso.	37
Figura 6. Tamizado del agregado.....	38
Figura 7. Lavado del agregado fino	38
Figura 8. .Peso húmedo del A. fino	40
Figura 9. .secado al horno del A. fino.....	40
Figura 10. Vaciado del agregado grueso en el molde.....	42
Figura 11.Enrasado de la muestra de agregado grueso.....	42
Figura 12. Agregado grueso saturado con superficie seca.....	43
Figura 13. Peso del agregado grueso saturado con superficie seca	44
Figura 14.Peso del agregado grueso sumergido en agua.	44
Figura15. Compactado del agregado fino (prueba de absorción).....	46
Figura16. Arena saturada con superficie seca.....	46
Figura 17.Peso del picnómetro + peso de la muestra + agua.....	47
Figura 18. Agregado grueso después del ensayo a la Abrasión.....	48
Figura 19.Compactado de los especímenes de concreto.....	52
Figura 20. Eliminación de aire en el espécimen	53
Figura 21. Retiro del exceso de mezcla	53
Figura 22.Ensayo de compresión simple	55
Figura 23. Se muestra el producto terminado piedra chancada, salientes de proceso de trituración.....	65

Figura 24. Se muestra el producto terminado arena procesada, salientes del proceso de trituración.	65
Figura 25. Se muestra el producto terminado arena procesada, de donde se muestrear� para los ensayos.	65
Figura 26. Curva granulométrica para el agregado fino.	67
Figura 27. Curva Granulométrica Agregado Grueso	69
Figura 28. Acopio de materiales.	88
Figura 29. Piedra chancada TMN=3/4"	88
Figura 30. Arena gruesa	88
Figura 31. Muestras en el laboratorio	88
Figura 32. Peso de muestra suelta.....	88
Figura 33. Compactado de muestra, PCH 3/4".....	88
Figura 34. Lavado del agregado fino.	89
Figura 35. Tamizado.	89
Figura 36. Agregados húmedos.	89
Figura 37. Peso húmedo del agregado fino.....	89
Figura 38. Secado de los agregados.....	89
Figura 39. Agregado sumergido en agua	89
Figura 40. Obteniendo el estado saturado superficialmente seco.	90
Figura 41. Peso sumergido.....	90
Figura 42. Obteniendo el estado superficialmente seco.....	90
Figura 43. peso del pign�metro+agua+muestra.....	90
Figura 44. Testigos secados para el ensayo a compresión.....	90
Figura 45. Equipo para el ensayo a compresión.	90
Figura 46. Deformimetro	91
Figura 47. Ensayo a compresión.	91

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Chinchipe de la ciudad de San Ignacio, para la elaboración de un concreto de 250 kg/cm². Con estos agregados se realizó la investigación de tipo aplicada, experimental y comparativa. Para esta investigación se trabajó con agregado de la cantera de río “Chinchipe”, cemento Pacasmayo Portland Tipo I y agua potable de la E.P. Marañón, el método de diseño de mezcla fue el “ACI Comité 211” 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 las edades de 7, 14 y 28 días. Después de realizar los ensayos se observó que cumplen con la normativa. El concreto con el TMN=3/4” obtuvo una resistencia a compresión a los 28 días de 285.23 kg/cm², se obtuvo una resistencia 14.09% mayor a la de diseño. Por lo cual se concluye que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados cumplen con la normativa en cuanto es beneficiosa para mejorar la resistencia del concreto.

Palabras clave: agregado, concreto, propiedades, resistencia de diseño.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the physical and mechanical properties of the aggregates of the Chinchipe quarry in the city of San Ignacio, for the production of a 250 kg / cm² concrete. With these aggregates, research was applied, experimental, and comparative. For this research was worked with aggregate of the "Chinchipe" river quarry, Pacasmayo Portland Type I cement and drinking water from the EP. Marañon, the mix design method was the "ACI Committee 211" having as design strength f'_c of 250 kg / cm² for the concrete at 28 days. Concrete compression tests were performed at ages 7, 14 and 28 days. After performing the tests it was observed that they comply with the regulations. The concrete with the TMN = 3/4 "obtained a 28 day compressive strength of 285.23 kg / cm², a resistance was obtained 14.09% greater than the design. Therefore, it is concluded that the physical and mechanical properties of the aggregates comply with the regulations insofar as it is beneficial to improve the strength of the concrete.

Keywords: aggregate, concrete, properties, design strength.

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 problema de la investigación queda plasmado con la siguiente interrogante:

¿Cumplen los agregados de la cantera Rio Chinchipe, con las propiedades físicas y mecánicas para diseñar un concreto $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$?. La hipótesis quedo definida en que los agregados de la cantera Rio Chinchipe, cumplen con las propiedades físicas y mecánicas para diseñar un concreto $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$.

Esta investigación se justifica porque en la ciudad de San Ignacio la construcción de edificaciones, se realizan sin tener en cuenta la calidad de agregados que se utilizan, sirve para concientizar a la población y empresas constructoras en utilizar agregados de calidad en edificaciones y a si, que servirá a la población y empresas dedicadas a la industria de la construcción.

Los agregados en estudio son de la cantera Rio Chinchipe que está ubicada en el caserío Huaquillo, margen derecha de la carretera Jaén – San Ignacio Km 70, provincia de San Ignacio, departamento Cajamarca, y la presente investigación se realizó del mes de Agosto a Noviembre del 2016 y cuyos resultados está dirigido a todas las personas e instituciones dedicadas a la industria de la construcción.

No se presentó limitaciones importantes, ya que se cuenta con el consentimiento y el apoyo de la empresa proveedora de los agregados a evaluar.

Como objetivo general fue evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, para la elaboración de un concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$, teniendo objetivos específicos, determinar las propiedades físicas de los agregados, que conlleve a la clasificación del mismo, realizar el diseño de mezclas y analizar su resultado y determinar las propiedades mecánicas del concreto fabricado con insumos de la cantera antes mencionada.

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

En la actualidad en la ciudad de San Ignacio, el crecimiento urbano está sobresaliendo por ser una ciudad fronteriza, con diferentes accesos a poblaciones que en su mayoría su economía está en base de la agricultura y ganadería, esto ha causado que San Ignacio crezca aceleradamente en el campo de la construcción, lo cual se da a diario en nuestra ciudad, sin tener una adecuada selección y conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados insumos del concreto usado ; los criterios de diseño, las proporciones, el proceso de puesta en obra y control de calidad que son aspectos a ser considerados cuando se construye estructuras de concreto con calidad.

Los agregados, conformados por las arenas (agregado fino) y las gravas (agregado grueso), constituyen más del 70% en una mezcla para la elaboración del concreto, material estructural y de construcción por excelencia.

Las dosificaciones que utilizan para el concreto, no son verdaderamente analizadas en un laboratorio de Ensayo de Materiales, lo cual nos conlleva a edificar una estructura sin seguridad y garantía de alcanzar su resistencia y vida útil. El factor principal es que la gran mayoría de empresas que distribuyen agregados de construcción a esta ciudad, no cuentan con una certificación de los materiales que expenden.

Estos motivos son la materia del desarrollo de la presente tesis que trataremos con puntualidad al estudio de la calidad de los agregados a través del estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera, la cual provee en mayores proporciones para la construcción en la ciudad de San Ignacio

1.2. Formulación del problema

¿Cumplen los agregados de la cantera Chinchipe, con las propiedades físicas y mecánicas para diseñar concreto $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$?

1.3. Hipótesis general

Las propiedades física y mecánicas de los agregados de la cantera Chinchipe cumplen para diseñar un concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}$.

1.4. Justificación de la investigación

Hoy en día la construcción de edificaciones se da a diario en esta ciudad de San Ignacio, sin tener en cuenta la calidad de agregados de construcción para elaborar concreto de una resistencia especificada, aun sin tener en cuenta un diseño adecuado. Es por esto que es importante realizar estudios de investigación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Chinchipe, con el único propósito de evaluar si los agregados que se abastecen para la construcción son de calidad en beneficio de la población y empresas constructoras.

Así mismo los resultados de la investigación servirán en la elaboración del concreto a usar en la industria de la construcción en la ciudad de San Ignacio. Así como para información de los constructores, Ingenieros, estudiantes y personas involucradas.

1.5. Alcances o delimitación de la investigación

La investigación se realizará en la cantera Chinchipe que está ubicada en el caserío Huaquillo, carretera Jaén – San Ignacio, provincia de San Ignacio, departamento Cajamarca, del mes de Julio a Septiembre del 2016 y cuyos resultados está dirigido a todas las personas e instituciones dedicadas a la industria de la construcción.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Chinchipe de la ciudad de San Ignacio, para la elaboración de un concreto de 250 kg/cm².

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de los agregados, que conlleve a la clasificación del mismo de acuerdo a la norma técnica.
- Determinar las propiedades mecánicas del concreto fabricado con insumos de la cantera Chinchipe.
- Realizar el diseño de mezclas y analizar su resultado.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. Internacionales

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.

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.

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.

Según los estudios realizados en la tesis “Diseño para obtener concreto $f'c=210$ kg/cm² con la incorporación de aditivo super plastificante (Rheobuild 1000), empleando agregados del a cantera Rodolfito (Carretera Cajamarca – ciudad de Dios Km 5)” se obtuvieron como resultados que el módulo de finura del agregado fino es 2,83, agregado grueso es 7,07; el porcentaje de absorción para el agregado fino es 2,21% y 1,21% para el agregado grueso, el contenido de humedad del agregado fino es 3,12% y 0,63 para el agregado grueso, la resistencia a la abrasión para el agregado grueso se obtuvo el 72,2% de desgaste.

Según estudios realizados los resultados obtenidos nos permiten concluir que podemos obtener una mezcla más eficiente si usamos agregado de tamaño máximo de 3/4” Los agregados de menor tamaño (3/8”) producen concretos de alta resistencia para una relación de agua cemento dada, esto debido al alto contenido de cemento por metro cúbico. (ARANDA, SILVA 2006).

2.1.3. Locales

Hoyos (2013, Jaén) en su “Estudio de los agregados de la cantera Cruce Chanango de la ciudad de Jaén – Cajamarca”, para el uso en la elaboración de concreto $f'c=210$ kg/cm², obtuvo como resultados el contenido de humedad del agregado fino es 2,65% y 1,21% del agregado grueso, la contaminación del agregado fino es de 5% y 0,51% del agregado grueso, el porcentaje de absorción del agregado

fino es 2,46% y 1,13% del agregado grueso. Los anteriores resultados más un análisis granulométrico que cumplen los parámetros establecidos según norma, se concluyó que los materiales de la Cantera Cruce Chango de la Ciudad de Jaén, son aptos para su uso en la fabricación de concreto con resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con una relación $A/C = 0,54$.

RIVAS (2013, Jaén) “Evaluación de las propiedades físico – mecánicas de los materiales de la cantera del rio Huancabamba – Chamaya para la utilización en la construcción de edificaciones” según análisis granulométrico por tamizado del agregado fino NTP 400.012, clasifico dentro del grupo C, lo que indica que corresponde a una arena gruesa y el agregado grueso cumple los parámetros especificados según la norma ASTM C-33, el contenido de humedad del agregado fino resulto 3,68%, peso específico $2,61 \text{ g/cm}^3$ y para el agregado grueso tenemos un contenido de humedad de 2,04%, peso específico de $2,67 \text{ g/cm}^3$, con respecto a las propiedades mecánicas se hizo el ensayo de Abrasión teniendo como resultado un 20,6% de desgaste cumpliendo los parámetros según la NTP 400.037; con respecto a los ensayos químicos para el agregado fino tenemos PH 8,10; Cloruros 88,1 ppm y Cloruros 79,70 ppm lo que indica que están dentro de los parámetros establecidos según la norma; para el agregado grueso tenemos los mismos resultados.

Digson Pérez (2014,Jaén) “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para el uso en el diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de la cantera Santa Rosa”, tenemos Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados son: Contenido de humedad agregado fino y grueso (2,72%, 0,56%), Peso específico y absorción: Agregado fino (peso específico de masa es $2,55 \text{ g/cm}^3$ con un porcentaje de absorción de 2,25%); Agregado grueso (peso específico de masa es $2,68 \text{ g/cm}^3$ con un porcentaje de absorción de 0,92%); Peso unitario Volumétrico: Agregado fino (P.U.S.S = $1,611 \text{ g/cm}^3$, P.U.S.V = $1,763 \text{ g/cm}^3$); Agregado grueso (P.U.S.S = $1,386 \text{ g/cm}^3$, P.U.S.V = $1,548 \text{ g/cm}^3$); Desgaste por abrasión de la máquina de los Ángeles del agregado grueso es 19,74%; Análisis granulométrico: Agregado fino (módulo de finura es 3,11%, se clásica como arena intermedia porque cumple los parámetros especificados del grupo M); Agregado grueso (cumple los parámetros especificados según la norma ASTM C 33, teniendo un TMN de 1” y clasificado en el

grupo N° 56) y el ensayo de contaminación que pasa el tamiz N° 200 es: Agregado Fino 3,7% y agregado grueso 0,51%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cementos portland

2.2.1.1. ¿Qué es el cemento Portland?

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se mezcla con agua, ya sea sólo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de combinarse lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contiene cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas.

2.2.1.2. Densidad relativa del cemento

Generalmente el peso específico del cemento Portland es de aproximadamente 3.15. El cemento Portland de escoria de alto horno y los cementos Portland-puzolana pueden tener valores de pesos específicos de aproximadamente 2.90. El peso específico de un cemento, su uso principal se tiene en los cálculos de proporcionamiento de mezclas (ASTM C 188)

2.2.2. Agua. Propiedades físicas y químicas del agua de mezclado

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad.

El agua que contiene menos de 2,000 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos totales generalmente puede ser utilizada de manera satisfactoria para elaborar concreto.

Carbonatos y bicarbonatos alcalinos. Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de cementos distintos. El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad que se presenten reacciones álcali-agregado graves.

Cloruros. La inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. El nivel de iones cloruro solubles en el agua en el cual la corrosión del acero de refuerzo comienza en el concreto es de aproximadamente 0.15% del peso del cemento. Del contenido total de ión cloruro en el concreto, sólo es soluble en el agua aproximadamente del 50% al 85%; el resto se combina químicamente en reacciones del cemento.

Sulfatos. El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua, se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Aunque se han empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfato de sodio, el límite del producto químico sulfato, como SO_4 , de 3,000 ppm, se deberá respetar a menos que se tomen precauciones especiales.

2.2.3. Agregados (arena y grava)

2.2.3.1. Fino (arena)

2.2.3.1.1. Características generales, muestreo.

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm.

Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

2.2.3.1.2. Análisis granulométrico

Los requisitos de la norma ASTM C 33, permiten un rango relativamente amplio en la granulometría del agregado fino, pero las especificaciones de otras organizaciones son a veces más limitantes. La granulometría más conveniente para el agregado fino, depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y del tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad. En general, si la relación agua-cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango en la granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia. En ocasiones se obtendrá una economía máxima, ajustando la mezcla del concreto para que encaje con la granulometría de los agregados locales. Entre más uniforme sea la granulometría, mayor será la economía (ASTM C 33). La granulometría del agregado fino dentro de los límites de la norma ASTM C33, generalmente es satisfactoria para la mayoría de los concretos.

En la Tabla 1, se presenta en tres grupos de límites que permiten clasificar al agregado fino, el grupo C corresponde a arenas gruesas, el grupo M

corresponde a arenas intermedias y el grupo F corresponde a arenas finas, según la ASTM C-33.

Tabla 1
Graduación del agregado fino

TAMIZ	GRUPO C	GRUPO M	GRUPO F
3/8"	100	100	100
N° 4	95 a 100	85 a 100	89 a 100
N° 8	80 a 100	65 a 100	80 a 100
N° 16	50 a 85	45 a 100	70 a 100
N° 30	25 a 60	25 a 80	55 a 100
N° 50	10 a 30	5 a 48	5 a 70
N° 100	2 a 10	0 a 12	0 a 12

Fuente: ASTM C-33

Otros requisitos de la norma ASTM son:

1. Que el agregado fino no tenga más del 45% retenido entre dos mallas consecutivas.

2. Que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente del abastecimiento del agregado. En el caso de que sobrepase este valor, el agregado fino se deberá rechazar a menos que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones del agregado fino y grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan las mallas de 0.30 mm (No.50) y de 0.15 mm (No.100), afectan la trabajabilidad, la textura superficial y el sangrado del concreto. La mayoría de las especificaciones permiten que del 10% al 30% pase por la malla de 0.30 mm (No. 50). El límite inferior puede bastar en condiciones de colado fáciles o cuando el concreto tiene un acabado mecánico, como ocurre en el caso de los pavimentos. Sin embargo, en los pisos de concreto acabados a mano o donde se requiera una textura superficial tersa, se deberá usar un agregado fino que contenga al menos un 15% que pase la malla de 0.30 mm (No.50) y al menos un 3% que pase la malla de 0.15 mm (No.100).

2.2.3.1.3. Módulo de finura

El módulo de finura (MF) del agregado grueso o del agregado fino se obtiene, conforme a la norma ASTM C 125, sumando los porcentajes acumulados en peso de

los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100. Las mallas que se emplean para determinar el módulo de finura son la de 0.15 mm (No.100), 0.30 mm (No.50), 0.60 mm (No.30), 1.18 mm (No.16), 2.36 mm (No.8), 4.75 mm (No.4), 9.52 mm (3/8”), 19.05 mm (3/4”), 38.10 mm (1½”), 76.20 mm (3”), y 152.40 mm (6”). El módulo de finura es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado. Diferentes granulometrías de agregados pueden tener igual módulo de finura. El módulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto (ASTM C 125).

2.2.3.1.4. Peso específico de masa

El peso específico (densidad relativa) de un agregado es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamientos de mezclas y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Generalmente no se le emplea como índice de calidad del agregado, aunque ciertos agregados porosos que exhiben deterioro acelerado a la congelación-deshielo tengan pesos específicos bajos. La mayoría de los agregados naturales tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9 (ASTM C 128).

- Peso específico de masa (Pe)

$$Pe = \frac{A}{B - C} \dots\dots\dots(1)$$

- Absorción (Ab)

$$Ab.(%) = \frac{B - A}{A} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

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.

2.2.3.1.5. Por ciento de absorción

Es cantidad de agua que absorbe la arena para concreto, expresando está en porcentaje con respecto al peso seco de la arena (ASTM C 128).

$$Absorción = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

W_{sss} = peso de la muestra saturada con superficie seca

W_s = peso seco al horno

2.2.3.1.6. Contenido de humedad de la arena

Es la cantidad de agua que posee una muestra de arena, con respecto al peso seco de la muestra. Esta prueba se lleva a cabo antes de hacer una mezcla de concreto, con el fin de hacer los ajustes en la cantidad de agua de mezclado.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

W_w = peso del agua (g).

W_s = peso seco al horno (g).

W = contenido de humedad en (%)

La humedad superficial de los agregados se debe determinar de acuerdo con las normas ASTM C 70, C 127, C 128 y C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla. La estructura interna de una partícula de agregado, está constituida de materia sólida y de vacíos que pueden o no contener agua.

Las condiciones de humedad de los agregados se muestran en la Figura 1, se designan como:

<i>Estado:</i>	Secado al horno	Secado al aire	Saturado, superficialmente seco	Húmedo o mojado
				
<i>Humedad total:</i>	Ninguna	Menor que la absorción potencial	Igual a la absorción potencial	Mayor que la absorción

Figura 1. Condiciones húmedas de los agregados.

Fuente: Manual de prácticas del laboratorio de concreto.

La cantidad de agua utilizada en la mezcla de concreto, se debe ajustar a las condiciones de humedad de los agregados de manera que cubra los requerimientos de agua. Si el contenido de agua de la mezcla de concreto no se mantiene constante, la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y otras propiedades variarán de una revoltura a otra. Los contenidos de agua libre, normalmente varían desde 0.5% hasta 2% para el agregado grueso y desde

2% hasta 6% para el agregado fino. El contenido máximo de agua de un agregado grueso drenado, usualmente es menor que el de un agregado fino. La mayoría de los agregados finos pueden mantener un contenido de humedad drenado máximo, aproximadamente de 3% a 8%, mientras que los agregados gruesos sólo pueden mantener aproximadamente de 1% a 6%.

2.2.3.1.7. Pesos volumétricos secos: suelto y compactado.

El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal, varía desde aproximadamente 1,200 kg/m³ a 1,760 kg/m³. El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla. Los contenidos de vacíos

varían desde aproximadamente 30% a 45% para los agregados gruesos hasta 40% a 50% para el agregado fino. La angularidad aumenta el contenido de vacíos; mayores tamaños de agregado bien graduado y una granulometría mejorada hacen disminuir el contenido de vacíos. Los métodos para determinar el peso volumétrico de los agregados y el contenido de vacíos, se dan en la norma ASTM C 29. Se describen tres métodos para consolidar el agregado en el recipiente, dependiendo del tamaño máximo del agregado: varillado, sacudido y vaciado con pala (ASTM C 29).

a) Peso volumétrico seco y suelto de la arena

Obtener la cantidad de arena en kilogramos que se puede lograr por metro cúbico, al vaciar material a un recipiente de volumen conocido y sin darle acomodo a las partículas (ASTM C 29).

$$P.V.S.S. = \frac{W_m}{V_r} \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

Wm = peso del arena (kg).

Wm = (Peso del recip. + mat.) – (Peso del recip.). Vr = Volumen del recipiente (m3).

b) Peso volumétrico seco y compactado:

Es el valor de la cantidad de la arena en kilogramos que se puede lograr por metro cúbico, al vaciar material a un recipiente de volumen conocido y dándole acomodo a las partículas por medio de golpes de varilla punta de bala.

$$P.V.S.S. = \frac{W_m}{V_r} \dots\dots\dots(6)$$

Dónde:

Wm = peso del arena (kg).

Wm = (Peso del recip. + mat.) – (Peso del recip.). Vr = Volumen del recipiente (m3)

2.2.3.2. Agregado grueso (grava).

2.2.3.2.1. Características generales, muestreo.

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm.

Los agregados gruesos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

2.2.3.2.2. Análisis granulométrico.

Este ensayo sirve para determinar, cuantitativamente los tamaños de los agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada. La muestra para el ensayo se obtendrá por medio de cuarteo, manual o mecánico. El agregado debe de estar completamente mezclado y tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos. La muestra para el ensayo debe tener la masa seca aproximada y consistir en una fracción completa de la operación de cuarteo. No está permitido seleccionar la muestra a un peso exacto determinado.

El tamaño máximo de un agregado, es el menor tamaño de malla por el cual todo el agregado debe pasar. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño. Por ejemplo, el agregado de número de tamaño 67 tiene un tamaño máximo de 25 mm y un tamaño máximo nominal de 19 mm. De 90% a 100% de este agregado debe pasar la malla de 19 mm y todas sus partículas deberán pasar la malla de 25 mm, como se indica en la tabla 2.

Tabla 2

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

2.2.3.2.3. Peso específico y absorción de gravas. Peso Específico.

El peso específico de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen, sin considerar sus vacíos.

Se calcula dividiendo el peso de un cuerpo o porción de materia entre el volumen que éste ocupa. En el Sistema Técnico, se mide en kilopondios por metro cúbico (kp/m^3). En el Sistema Internacional de Unidades, en Newton por metro cúbico (N/m^3) (ASTM C 128).

a) Peso Específico Aparente.

Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es un sólido, se considera el volumen de la porción impermeable (ASTM C 128).

b) Peso Específico de Masa.

Viene a ser la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable (Incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material), a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada, según la norma el agregado debe de estar dentro de los límites de 2,3 a 2,9 g/cm^3 (ASTM C 128).

c) Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca.

Tiene la misma definición que el Peso Específico de Masa, con la salvedad de que la masa incluye el agua en los poros permeables (ASTM C 128).

d) Absorción.

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta, depende de la porosidad.

Esta particularidad de los agregados, que dependen de la porosidad, es de suma importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto. Además está influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la estabilidad química, la resistencia a la abrasión y la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Es aconsejable, determinar el porcentaje de absorción entre los 10 Y 30 primeros minutos, ya que la absorción total en la práctica nunca se cumple (ASTM C 128).

Fundamento Teórico

- Peso Específico de Masa (g/cm³).

$$P_{em} = \frac{A}{B - C} \dots\dots\dots(7)$$

- Peso Específico de Masa SSS (g/cm³).

$$P_{emsss} = \frac{500}{B - C} \dots\dots\dots(8)$$

- Peso Específico Aparente (g/cm³).

$$P_{eap} = \frac{A}{A - C} \dots\dots\dots(9)$$

- Porcentaje de Absorción (%).

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

2.2.3.2.4. Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se exprese como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se denomina Porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla (ASTM D 2216).

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

Totalmente seco. Se logra mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante (generalmente 24 horas).

Parcialmente seco. Se logra mediante exposición al aire libre.

Saturado y Superficialmente seco (SSS): En un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua pero superficialmente se encuentran secos. Este estado sólo se logra en el laboratorio (ASTM D-2216).

Totalmente Húmedo. Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial.

La absorción y el contenido de humedad de los agregados deben determinarse de tal manera que la proporción de agua en el concreto puedan controlarse y se puedan determinar los pesos corregidos de las muestras (ASTM D-2216).

El contenido de humedad en los agregados se puede calcular mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$W\% = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{ms}} \dots\dots\dots(11)$$

W_{mh}: peso de la muestra humedad (%)

W_{ms}: peso de la muestra seca (g)

W (%): contenido de humedad (g)

También existe la Humedad Libre donde esta se refiere a la película superficial de agua que rodea el agregado; la humedad libre es igual a la diferencia entre la humedad total y la absorción del agregado, donde la humedad total es aquella que se define como la cantidad total que posee un agregado. Cuando la humedad libre es positiva se dice que el agregado está aportando agua a la mezcla, para el diseño de mezclas es importante saber esta propiedad y cuando la humedad es negativa se dice que el agregado está quitando agua a la mezcla (ASTM D-2216).

Especificaciones Técnicas

Los contenidos de agua libre, normalmente varían desde 0,5% hasta 2% para el agregado grueso y desde 2% hasta 6% para el agregado fino (ASTM C-127).

2.2.3.2.5. Pesos volumétricos suelto y compactado.

El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal, varía desde aproximadamente 1,200 kg/m³ a 1,760 kg/m³. El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla. Los contenidos de vacíos varían desde aproximadamente 30% a 45% para los agregados gruesos hasta 40% a 50% para el agregado fino. La angularidad aumenta el contenido de vacíos; mayores tamaños de agregado bien graduado y una granulometría mejorada hacen disminuir el contenido de vacíos. Los métodos para determinar el peso volumétrico de los agregados y el contenido de vacíos, se dan en la norma ASTM C 29. Se describen tres métodos para consolidar el agregado en el recipiente, dependiendo del tamaño máximo del agregado, varillado, sacudido y vaciado con pala (POLANCO 1994).

Peso volumétrico seco y suelto (PVSS).

Es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa cuando se trabaja con agregados (POLANCO 1994).

$$P.V.S.S. = \frac{Wm}{Vr} \dots\dots\dots(12)$$

Peso volumétrico seco y compactado (PVSC).

Este proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactando el material dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como lo es el de American Concrete Institute (POLANCO 1994).

$$P.V.S.C. = \frac{Wm}{Vr} \dots\dots\dots(13)$$

2.2.3.2.6. 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 11/2” (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).

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 fricciones, 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 3, 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 3
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)	25,40 mm (1")	1250 ±	-----	-----	-----
25,40 mm (1")	19,00 mm	1250 ±	-----	-----	-----
19,00 mm (3/4")	12,70 mm	1250 ±	2500 ±	-----	-----
12,70 mm (1/2")	9,51 mm (3/8")	1250 ±	2500 ±	-----	-----
9,51 mm (3/8")	6,35 mm (1/4")	-----	-----	2500 ±	-----
6,35 mm (1/4")	4,76 mm (n°4)	-----	-----	2500 ±	-----
4,76 mm (n°4)	2,36 mm (n°8)	-----	-----	-----	5,000 ± 10

Fuente: Norma 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 4, se presentan las cargas abrasivas según su clasificación en grupo.

Tabla 4
Carga abrasiva según el número de esferas

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.

$$De = \frac{W_0 - W_f}{W_0} \times 100 \dots\dots\dots(14)$$

Dónde:

W0 = Peso original de la muestra (g)

Wf = Peso final de la muestra (g)

De = Porcentaje de desgaste (%)

2.2.3.3. Materias Orgánicas.

En los agregados se suelen encontrar impurezas orgánicas, que generalmente provienen de la descomposición de la materia vegetal, manifestándose en forma de humus o margas orgánicas.

Se presenta con mayor frecuencia en el agregado fino y su eliminación es más laboriosa que el agregado grueso. Sin embargo no todas las impurezas orgánicas son perjudiciales, por lo que habría que verificar sus efectos. También se efectúa al material orgánico haciendo una buena evaluación como punto de control de calidad del material suministrado para ser empleado en el uso de la construcción y que no debe de pasar del porcentaje permisible de la norma de las propiedades físicas de los agregados (N.T.P 400.022 ó ASTM C-40).

Especificaciones Técnicas.

Aquellos agregados que presenten un color más oscuro, que el color estándar en el ensayo de impurezas orgánicas, no deberán emplearse salvo en las siguientes condiciones.

Los agregados finos que no pasen el ensayo; se podrán utilizar en aquellos casos en que la coloración se deba a la presencia de algún compuesto de carbón, linito o partículas similares.

El agregado fino que falle en el ensayo calorimétrico; podrá emplearse siempre que al ser ensayado para determinar las propiedades del mortero este desarrollándose una resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, no menor del 95% de un mortero preparado con el mismo agregado, pero lavado en una solución al 3% de hidróxido de sodio seguido de un enjuague completo en agua (NORMA ASTM C-40).

En la tabla 5, se presenta las especificaciones técnicas según el tipo de ensayo de acuerdo a las normas mencionadas.

Tabla 5
Señala los requisitos de límites de aceptación

CARACTERÍSTICAS	NORMA DE ENSAYO	MASA TOTAL MUESTRA
Terrones de arcilla y partículas de deleznales	MTC E 212	1.00% MAX
Material que pasa el Tamiz de 75 um (200).	MTC E 212	5.00% MAX
Cantidad de partículas livianas.	MTC E 211	5.00% MAX
Contenido de sulfatos expresados como ión SO ₄ .	AASHTO T 290	0.06% MAX
Contenido de Cloruros expresado como ión CL.	AASHTO T 291	0.10% MAX

Fuente: (NORMA ASTM C-40)

2.2.3.4. Sales solubles.

Algunos agregados pueden estar contaminados con un elevado contenido de sulfatos o cloruros, adheridos a su superficie, por lo cual la arena resulta el agregado de mayor peligro, dada su elevada medida de superficie específica, estas circunstancias no pueden ser detectadas por la vista ni por el gusto, pues pequeñas cantidades ya son suficientes para significar un peligro para el concreto (basta el 1% de sulfatos en masa, o el 0,1% de cloruros en masa) (INSTITUTO DEL CONCRETO 1997).

Los sulfatos atacan al cemento produciendo reacciones expansivas que agrietan y desmoronan su masa. Los cloruros corroen el acero del concreto armado, perdiendo sus condiciones resistentes, aumenta el volumen y agrieta las secciones del concreto (INSTITUTO DEL CONCRETO 1997).

2.2.3.5. PH en los agregados

El PH por encima de los 11 puede iniciar reacciones de neutralización produciendo moléculas de agua que puede introducirse en los espacios intersticiales de estos materiales debilitando las propiedades físicas produciendo deterioro en las estructuras compuestas por los materiales.

2.2.4. Diseño de mezclas.

El método ACI es utilizado para elaborar diseños de mezcla de concreto con agregados que cumplan las normas correspondientes, hecho que no siempre se da en nuestro medio, ya que los agregados utilizados no se encuentran completamente limpios; ni tampoco se cuenta con unas granulometrías correctas. Es por esta causa que en general el método ACI nos da mezclas más secas de lo previsto y pedregosas, pero afortunadamente existen correcciones, las cuales no sólo son de agua, sino también de agregados. Este método tiene una gran limitación, y es que no distingue las distintas formas en las que se presentan los agregados (redondeados, chancados, angulosos, etc.). Una de las alternativas para la corrección de slump es:

Corregir la cantidad de agua, pero al tratar de conservar la misma relación agua/cemento involucraba que la cantidad de agregado grueso se mantenga

Constante y en algunos casos ya se obtiene mucha piedra.

Otra alternativa, mencionada anteriormente es modificar la cantidad de agregado grueso; es decir, disminuir la cantidad de agregado grueso en un rango de 5% a 10% y compensar con la cantidad de arena. Cabe mencionar que no se ha profundizado mucho en esta alternativa ya que esta es muy parecida al método de Pesos Unitarios Compactados usado y detallado a continuación (COTTIER 1991).

De todas las pruebas de concreto endurecido la más común es la resistencia a la compresión, por una parte porque es fácil de llevar a cabo y por otra parte, porque muchas de las características deseables del concreto, están relacionadas cualitativamente con sus resistencias mecánicas, principalmente la de resistencia a la compresión.

Se utiliza tres tipos de especímenes para las pruebas a compresión y estos son cilíndricos, cubos y prismas.

Las pruebas pueden llevarse a cabo para diferentes fines, aunque los dos objetivos principales son el control de calidad y el cumplimiento de las especificaciones técnicas. Sin embargo pueden efectuarse pruebas adicionales para fines específicos, tales como la prueba brasilera de tracción.

Los métodos de ensayo de resistencia a la compresión pueden ser destructivos y no destructivos.

2.2.5. Ensayo en el hormigón endurecido (probetas)

2.2.5.1. Ensayo de compresión.

El procedimiento del ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón está establecido en la norma INEN 1573 “hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico” este método de ensayo consiste en

aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados de hormigón de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentra dentro de un rango definido hasta que ocurra la falla del espécimen. La resistencia a la compresión a un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del espécimen (INEN 1573).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Aglomerante o conglomerante

Materiales que, en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de unir fragmentos de otras sustancias, de adherirse fácilmente a otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas considerables (ING FLAVIO ABANTO CASTILLO).

2.3.2. Agregado

Llamados también áridos, materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros (ING FLAVIO ABANTO CASTILLO).

2.3.3. Agregado fino

Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la ITINTEC 400.037. (ING. FLAVIO ABANTO CASTILLO).

2.3.4. Agregado grueso.

Se define como agregado grueso al material retenido el tamiz ITINTEC 4.75mm(N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 4000.37 El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc. (ING. FLAVIO ABANTO CASTILLO).

2.3.5. Agrietamiento o fisuración

Fenómeno que se genera cuando el concreto se contrae y expande con los cambios de humedad y temperatura, y se deforma dependiendo de la carga y de las condiciones de apoyo (MÉNDEZ 2012).

2.3.6. Cemento

Mezcla de Caliza y yeso, sometida a calcinación y molida, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua y se usa como aglomerante en morteros y concretos (ING. FLAVIO ABANTO CASTILLO).

2.3.7. Cementante

Es aquel que tiene propiedades adhesivas y cohesivas que hacen posible una ligazón de fragmentos minerales de manera de producir una masa continua y compacta (MÉNDEZ SILVA 2012).

2.3.8. Concreto hidráulico o concreto

Material de construcción formado por una mezcla de cemento, áridos (Arena y Grava), agua, aire y algunos aditivos en determinadas proporciones (MÉNDEZ SILVA 2012).

2.3.9. Concreto endurecido

Después de que el concreto ha fraguado, empieza a ganar resistencia y endurece. Las propiedades del concreto endurecido son la resistencia y durabilidad (MÉNDEZ SILVA 2012).

2.3.10. Concreto expuesto

Concreto que cuya superficie se encuentra en contacto directo con el medio ambiente (MÉNDEZ SILVA 2012).

2.3.11. Concreto fresco

Es aquel recién preparado cuyo estado es plástico y moldeable en el cual no se produce el fraguado ni el endurecimiento y adopta la forma del encofrado (MÉNDEZ SILVA 2012).

2.3.12. Concreto simple

Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para el concreto reforzado (MÉNDEZ SILVA 2012).

2.3.13. Contenido de humedad

Cantidad de agua que presenta el concreto (MÉNDEZ SILVA 2012).

2.3.14. Curado del concreto

Tratamiento que se da al concreto, mortero, etc.

Después de su colocación a fin de mantener húmedas sus superficies, lo cual impide la rápida evaporación del agua de amasado. Esta tarea suaviza la retracción del material y evita su agrietamiento por desecación brusca (MÉNDEZ SILVA 2012).

2.3.15. Diseño de mezcla

Proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados (MÉNDEZ SILVA 2012).

2.3.16. Dosificación

Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen al concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas (HERNANDEZ 2011).

2.3.17. Durabilidad

Habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto (HERNANDEZ 2011).

2.3.18. Espécimen

Muestra o ejemplar (HERNANDEZ 2011).

2.3.19. Estructura

Toda construcción destinada a soportar su propio peso y la presencia de acciones exteriores (fuerzas, momentos, cargas térmicas, etc.) sin perder las condiciones de funcionalidad para las que fue concebida ésta (HERNANDEZ 2011).

2.3.20. Exudación

Ascensión de agua de amasado hacia la superficie del concreto fresco tras la separación de esta de la pasta de cemento (HERNANDEZ 2011).

2.3.21. Fraguado

Proceso físico-químico por medio del cual un Conglomerante (cal, cemento, yeso u otras masas) se endurece (HERNANDEZ 2011).

2.3.22. Hidratación

Reacción físico-química que se produce al mezclar una sustancia con el agua, como los aglomerantes, dando lugar a nuevas sustancias y compuestos (HERNANDEZ 2011).

2.3.23. Hormigón

Sinónimo de concreto (Latinoamérica). Para no realizar confusiones respecto al tema se hablará y a nivel de concreto (HERNANDEZ 2011).

2.3.24. Impermeabilidad

Propiedad de ciertos materiales de impedir la penetración de agua u otros líquidos (HERNANDEZ 2011).

2.3.25. Intemperismo

Acción combinada de procesos (climáticos, biológicos, etc.) mediante los cuales el concreto o la superficie del concreto es descompuesto y desintegrado por la exposición continua a los agente atmosféricos (HERNANDEZ 2011).

2.3.26. Laboratorio

Organismo que se encargará de verificar, analizar y calificar, durante todo el proceso de la obra, la calidad y el comportamiento de los materiales, naturales o procesados (HERNANDEZ 2011).

2.3.27. Piedra triturada o chancada

Agregado grueso, obtenido por trituración artificial de rocas o gravas (HERNANDEZ 2011).

2.3.28. Probeta o testigo

Muestra de cualquier sustancia o material para probar su elasticidad, resistencia (HERNANDEZ 2011).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación Geográfica de la Investigación

La cantera Rio Chinchipe, se encuentra ubicada políticamente:

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA.
PROVINCIA : SAN IGNACIO.
DISTRITO : SAN IGNACIO
CASERÍO : HUAQUILLO

Las coordenadas que se muestran a continuación son las que se obtuvieron del perímetro con la ayuda de un GPS Garmin Etrex Vista hcx.

Tabla 6
Coordenadas De La Cantera Rio Chinchipe

VÉRTICE	ESTE	NORTE
1	727985.17 m	9433414.17 m
2	727989.68 m	9433346.56 m
3	728117.38 m	9433363.40 m
4	728190.03 m	9433531.16 m



Figura 2. Localización de la provincia de San Ignacio

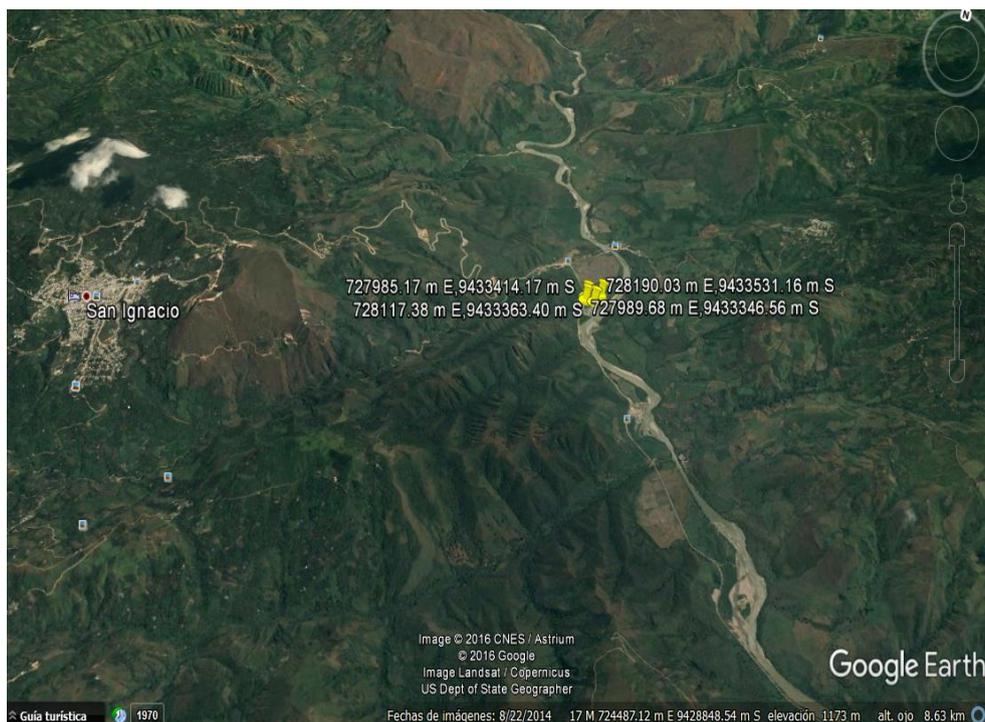


Figura 3. Localización de la cantera Rio Chinchipe de la provincia de San Ignacio



Figura 4. Ubicación de la cantera Rio Chinchipe de la provincia de San Ignacio

3.2. Origen de los agregados

Los agregados que se producen en la cantera río Chinchipe; están constituidos por depósitos aluvio fluviales que conforman el cauce y áreas de inundación del río Chinchipe , con volúmenes que superan los 150,000 m³ por año de agregado general (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 escorrentía del Río Chinchipe, provienen de los pueblos de la parte alta de la ciudad de San Ignacio, en los que encontramos pequeños manantiales, puquios que generan el cauce del río.

El Río Chinchipe, 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.

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 del río 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.

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 agregado grueso de 3/4” se extrajeron de la Cantera “Río Chinchipe”. La arena gruesa y la piedra chancada de 3/4” se extrajo del acopio de materiales, después del proceso de trituración de las rocas de la mencionada cantera.

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.

3.3.5. Descripción de ensayos

3.3.5.1. 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°C ± 5°C.

Muestreo

Se tomó la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010 y se redujo a la cantidad necesaria.



Figura 5. Tamizado del agregado grueso.

Se escogió aproximadamente 6 Kg de 3/4" 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 6. Tamizado del agregado



Figura 7. 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.

ΣW_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.

3.3.5.2. 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 8. .Peso húmedo del A. fino



Figura 9. .secado al horno del A. fino

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

3.3.5.3. 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.
- 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 10 y 11).
- 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 10. Vaciado del agregado grueso en el molde.



Figura 11. 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.

3.3.5.4. 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 12. 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 13. 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 14. 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)

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

- 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.

3.3.5.5. 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 15). 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 16).



Figura 15. Compactado del agregado fino (prueba de absorción).



a
16. 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 0,1 gramos. (Figura 17)



Figura 17. 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).

$$P_{em} = \frac{N}{L+N-M} \dots\dots\dots(11)$$

- Absorción (Ab).

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

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.

3.3.5.6. 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 18. 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 7
Tipos de Abrasión

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

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 8
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.

3.3.5.7. 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.
- 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.

3.3.5.8. 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 19)



Figura 19. 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 20).



Figura 20. Eliminación de aire en el espécimen

- e) Se retiró el exceso de concreto con la varilla de compactar (Figura 21) y se enrasó la parte superior con una plancha de albañil para producir una superficie plana.



Figura 21. 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.

3.3.5.9. 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 empresa Magma Sac. 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 kgf/cm²/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 22. 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 diseño de $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ y para los dos tamaños máximos nominales de agregado grueso de $3/4''$

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

Donde:

$f'c$ = Resistencia de ruptura a la compresión, en Kg/cm².

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

A = Área de la sección transversal del espécimen, en cm².

D= Diámetro promedio del espécimen, en cm.

3.4. Pasos para Diseños de Mezclas - Método Del ACI 211

El Instituto Americano del Concreto (ACI 211), recomienda nueve pasos para diseñar una mezcla de concreto, los cuales se describen a continuación:

Paso 1. 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 19.

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 2. Elección del tamaño máximo del agregado: Cuando se desea un concreto de alta resistencia los mejores resultados se obtienen reduciendo el tamaño máximo del agregado, ya que estos producen resistencias altas con una relación Agua/Cemento determinada. El tamaño máximo elegido para esta investigación fue de ¾” para ambos diseños de mezcla (250 Kg/cm²).

Paso 3. 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 1 y paso 2.

Tabla 10

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

Revenimiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
cm	pulgadas	Concreto sin aire incluido							
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 4. Selección de la relación Agua/Cemento: Antes de la selección de la relación agua /cemento, se encontró la resistencia promedio o esfuerzo crítico de diseño f'_{cr} , según la tabla 11 y fórmula 14.

$$f'_{cr} = f'_{c} + k \dots\dots\dots(15)$$

Donde

f'_{cr} = Esfuerzo crítico de diseño o resistencia promedio a la compresión requerida.

f'_{c} = Esfuerzo a la compresión especificado.

k = Coeficiente.

Con la ayuda de la tabla 11, 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 11
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
$f'c < 21$	$f'c < 210$	$f'cr = f'c + 7.0$	$f'cr = f'c + 70$
$21 \leq f'c \leq 35$	$210 \leq f'c \leq 350$	$f'cr = f'c + 8.5$	$f'cr = f'c + 85$
$f'c > 35$	$f'c > 350$	$f'cr = 1.10 f'c + 5.0$	$f'cr = 1.10 f'c + 50$

Fuente: ACI 318 y norma E.060 del RNE

Los valores de la tabla 10 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 12
Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días *	Relación agua/cemento (por peso)		
	Kg/cm ²	Concreto sin incluir aire	Concreto con aire incluido
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 5. Cálculo del Contenido de Cemento: La cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se encontró por las determinaciones expuestas en el paso 3 y 4. El cemento requerido fue igual al contenido estimado de agua de mezclado (paso3), dividido entre la relación Agua/Cemento (paso 4).

Paso 6. Estimación del contenido de agregado grueso:

En la tabla 11, con el tamaño máximo nominal del agregado y el módulo de finura de la arena, se encontró el volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto. El volumen seleccionado, se convirtió a peso seco del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por el peso unitario de varillado en seco.

Tabla 13

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño máximo nominal del agregado	Volumen de agregado varillado en seco, por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
	Pulgadas	2,4	2,6	2,8
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,75	0,73	0,71	0,69
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,82	0,80	0,78	0,76
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Rivva López, E.1992.

Paso 7. Estimación del contenido de agregado fino: Al término del paso 6, todos los ingredientes del concreto fueron estimados excepto el agregado fino, cuya cantidad se determinó por diferencia. Para calcular esto se utilizó el método del volumen absoluto, el cual implica el empleo de volúmenes desplazados por los componentes. En este caso, el volumen total desplazado por los componentes conocidos (agua, aire, cemento y agregado grueso) se restaron del volumen unitario de concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen ocupado por cualquier componente en el concreto se determinó dividiendo

su masa entre la densidad de ese material.

Paso 8. 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 4, se hizo la corrección de la misma, utilizando la fórmula 15.

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

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.

3.5. 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.

El tamaño máximo nominal estudiados ($TMN=3/4''$) se elaboraron 27 testigos: hechos a base de piedra chancada $TMN=3/4''$. De estos 27 cilindros, 09 se rompieron a 7 días, 09 a 14 días y 09 a los 28 días de edad. Para este tamaño máximo nominal se realizaron en total 09 mezclas y para cada mezcla tres testigos de concreto (T.C.), así como lo indica la Tabla 14.

Tabla 14
Cantidad de pruebas slump y testigos de concreto por cada mezcla y perfil de agregado grueso

N° de Mezclas por cada agregado y resistencia	f'C=250 kg/cm ²	Asentamiento de Diseño para Piedra Chancada en cm	
	Asentamiento en cm	PCH TMN=3/4"	
1	7.5	7.5	10
2	7.8	7.5	10
3	7.7	7.5	10
4	7.9	7.5	10
5	8.1	7.5	10
6	8.1	7.5	10
7	7.0	7.5	10
8	7.4	7.5	10
9	7.1	7.5	10

Fuente: Elaboración Propia

La relación de las pruebas slump con los códigos de testigos de concreto, se detalla en las Tablas 32, 33

Las resistencias a la compresión de los concretos a edades de 7, 14 y 28 días de edad, resultaron del promedio de 09 resistencias (de los nueve 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.

CAPITULO IV

4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. Muestreo de los materiales.

El muestreo de los materiales estará en función de lo especificado en la NORMA TÉCNICA PERUANA 400.010 del Anexo c, la que manifiesta:

4.1.1. Muestras confiables

GENERALIDADES: De preferencia, las muestras para los ensayos de calidad deberán ser obtenidas de productos acabados. La muestra de productos acabados para ser ensayada por pérdida al desgaste de abrasión no estará sujeta a chancado posterior o reducido manualmente, a menos que la medida del producto acabado sea real que requiera reducción posterior para los propósitos del ensayo.

De lo especificado N.T.P 400.010, las muestras se extraen del producto acabado, que es el producto procesado y que se comercializa, es decir es el producto que se emite por las fajas transportadoras.

4.1.2. Muestreo de fajas transportadoras

Seleccionar el muestreo al azar de la producción, tal como se indica en la práctica normalizada ASTM D 3665 (obtener por lo menos 3 incrementos aproximadamente iguales, seleccionados al azar, de la unidad que está siendo muestreada y combinarlos para formar una muestra de campo); cuya masa igual o exceda a la mínima recomendada en el apartado 4.4.2 de la N.T.P 200.010, la cual establece que las masas especificadas en la tabla 1 de la misma norma, son tentativas y que se debe tomar a base del tipo de ensayo a los que se someterá el material y se obtenga lo suficiente para ejecutar los mismo. De lo dispuesto en las normas citadas; insertar dos (02) plantillas de la misma forma de la correa de la faja transportadora y separarlas de tal modo que el material contenido entre ellas producirá un incremento de la masa requerida.

Extraer cuidadosamente con la cuchara todo el material entre las plantillas y colocarlo en un contenedor y luego coleccionar los finos sobre la faja con una brocha y pala y adicionarlos al contenedor.

Para nuestro muestreo de los materiales; se ha seguido el procedimiento sugerido para fajas transportadoras, y además se obtuvo los tres (03) incrementos aproximadamente iguales que se combinaron para formar la muestra representativa de campo.

La masa de la muestra, es mayor a la establecida por la N.T.P 200.010, la misma que sugiere que la cantidad de material será en función a la cantidad de pruebas que se desee realizar.

4.1.3. Número y masa de las muestras de campo

➤ Número de muestras

El número de las muestras de campo requerías depende del estado y variación de las propiedades a medirse... El número de muestras de la producción deberá ser suficiente como para otorgar la confianza deseada en los resultados de los ensayos.³

El número de muestras tomadas para los ensayos requeridos es de una (01), que tiene un peso de 90.0 kg, tanto el agregado grueso, el agregado fino y agregado global.

➤ LAS MASAS DE LAS MUESTRAS

Las masas de las muestras de campo son tentativas. Las masas deberán ser previstas para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales el material va a estar sujeto y obtener material suficiente para ejecutar los mismos.

Las masas, se tomaron para el agregado grueso 90.0 kg, agregado fino 80.0 kg, agregado global 25.0 kg, tomando como criterio que se tiene que realizar los ensayos requeridos en el presente informe, la masa de agregado global es menor porque solamente se le realizará análisis granulométrico.



Figura 23. Se muestra el producto terminado piedra chancada, salientes de proceso de trituración.



Figura 24. Se muestra el producto terminado arena procesada, salientes del proceso de trituración.



Figura 25. Se muestra el producto terminado arena procesada, de donde se

muestreará para los ensayos.

4.2. Análisis granulométrico (ASTM C-136).

4.2.1. Agregado fino

Tabla 15
Análisis Granulométrico Por Tamizado

TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL (gr.)	PORCENTAJE RETENIDO parcial (%)	PORCENTAJE RET. ACUMULADO acumul. (%)	PORCENTAJE QUE PASA acumul.(%)	LIMITE GRANULOMETRICOS SEGÚN ASTM C-33
Nº	mm					
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.0	100-100
Nº4	4.75	27.25	5.45	5.45	94.6	85-100
Nº8	2.36	65.30	13.06	18.51	81.5	65 -100
Nº16	1.18	101.05	20.21	38.72	61.3	45-100
Nº30	0.60	79.25	15.85	54.57	45.4	25 -80
Nº50	0.30	98.75	19.75	74.32	25.7	5-48
Nº100	0.15	79.70	15.94	90.26	9.7	0-12
Nº200	0.07	18.80	3.76	94.02	6.0	MODULO DE FINURA
< Nº200		29.90	5.98	100.00	0.0	
TOTAL		500.00				2.82

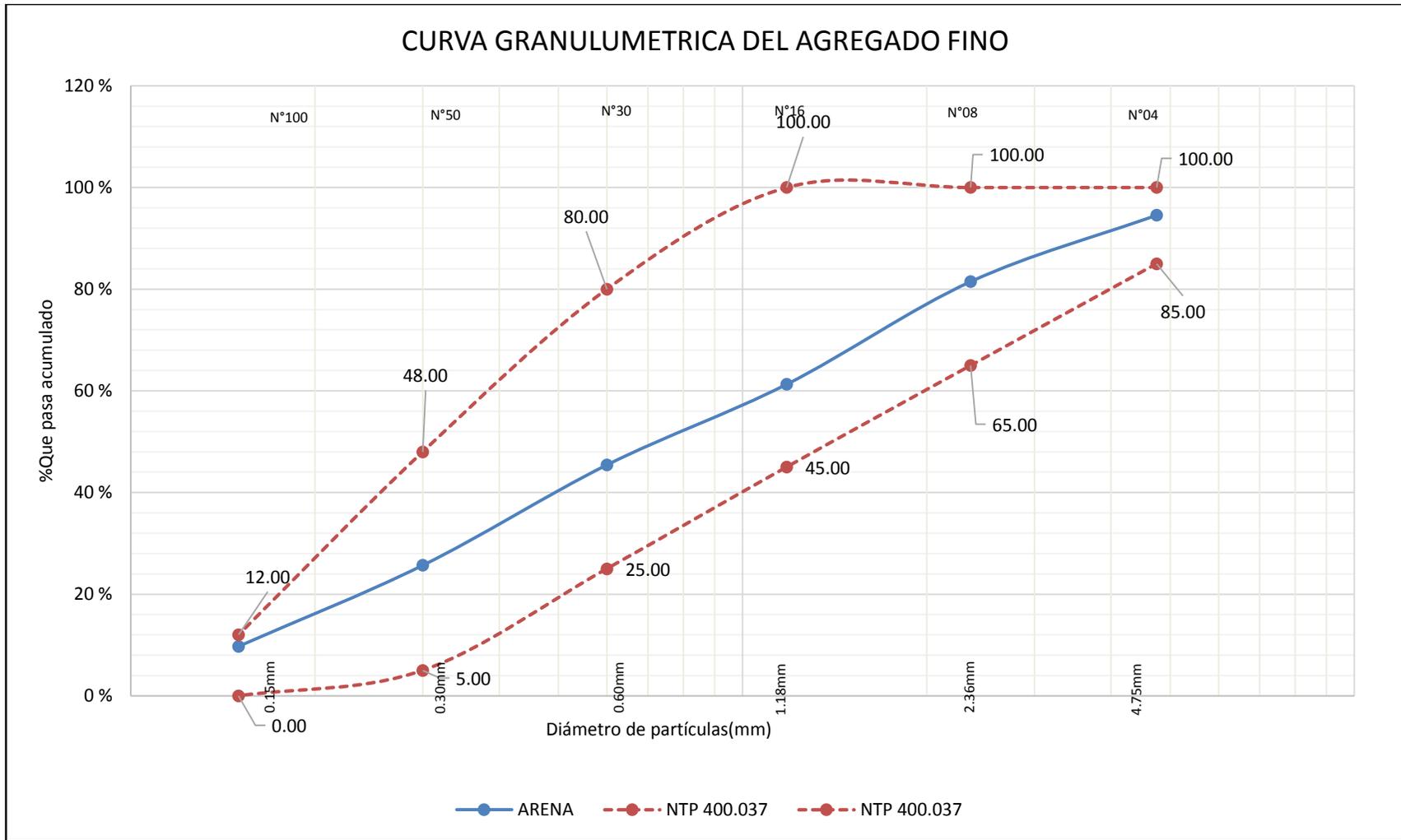


Figura 26. Curva granulométrica para el agregado fino.

4.2.2. Agregado grueso.

Tabla 16
Análisis Granulométrico Por Tamizado

TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	PORCENTAJ E RETENIDO	PORCENTAJ E RET.	PORCENTAJ E QUE PASA	HUSO GRANULOMETRICO 6
N°	mm	(gr.)	parcial (%)	acumul. (%)	acumul.(%)	
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100-100
3/4"	19.05	542.76	9.78	9.78	90.2	90-100
1/2"	12.70	3622.60	65.27	75.05	24.9	20-55
3/8"	9.50	866.91	15.62	90.67	9.3	0-15
N°4	4.75	422.69	7.62	98.29	1.7	0-5
N°8	2.36	95.03	1.71	100.00	0.0	MODULO DE FINURA
TOTAL		5,550.00				6.99

Curva granulometrica del agregado grueso Huso 6

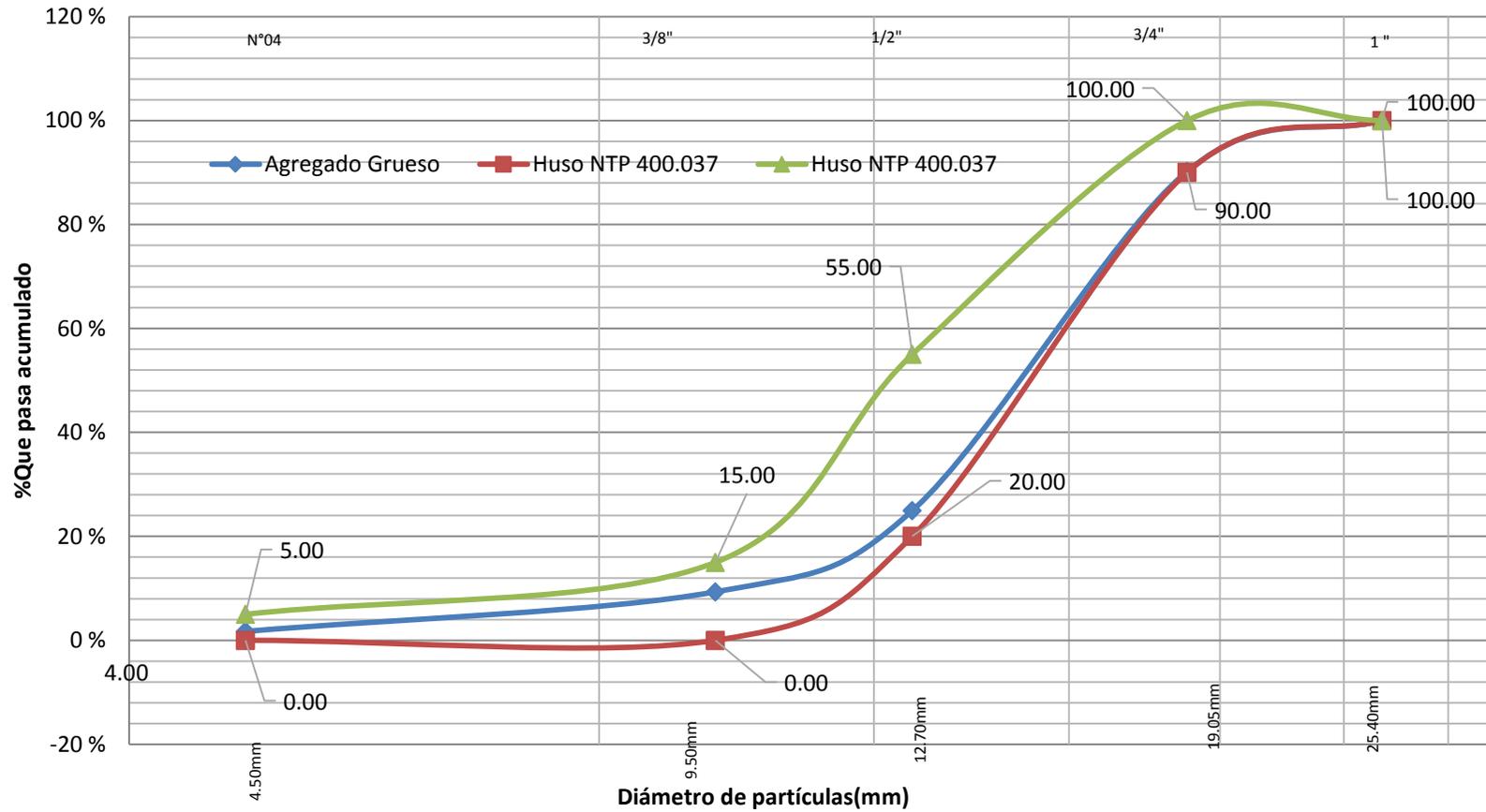


Figura 27. Curva Granulométrica Agregado Grueso

4.2.3. Comentarios a los resultados

Los ensayos granulométricos al agregado grueso y agregado fino denotan:

➤ AGREGADO GRUESO

De acuerdo a las series granulométricas normadas por ASTM C 33 que determinan la granulometría adecuada del agregado grueso, que se muestra en la tabla N°02 y haciendo un análisis para el agregado en estudio, que se muestra en la tabla 02 del análisis granulométrico para el agregado grueso; se aprecia que la curva se desarrolla dentro de los límites establecidos por la Norma; así se puede describir que el porcentaje que pasa por el tamiz 3/4" es de 90.20% , está dentro de los límites de 90 a 100%.

De lo analizado se puede definir que estamos frente a un agregado grueso de TMN=3/4" bien graduado, y que cumple con todas las especificaciones establecidas por la Norma ASTM C 33.

➤ AGREGADO FINO

La norma ASTM C 136, establece los siguientes parámetros granulométricos para el agregado fino, Tabla N°01.

Tabla 17
Parámetros Granulométricos Para El Agregado Fino

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
9.51 mm (3/8")	100
4.76 mm (N°4)	85 a 100
2.36 mm (N°8)	65 a 100
1.18 mm (N°16)	45 a 100
600 u.m. (N°30)	25 a 80
300 u.m (N°50)	5 a 48
150 u.m. (N° 100)	0 a 2

FUENTE: ASTM C-33

Hacemos la comparación entre lo especificado por ASTM C 33, y los resultados obtenidos:

- Por la malla N°4 y N° 8, los porcentajes que pasa acumulado, presenta 94.6% y 81.5% respectivamente menos del mínimo exigido por la norma.
- En la malla N° 16, N°30, N°50, N°100 y N° 200, los porcentajes retenidos del material en estudio se encuentran dentro de lo especificado por la norma.
- Según la norma ASTM C33 la arena debe de tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor de 3.1, de acuerdo al análisis la muestra tiene un módulo de fineza de 2.82 el cual está dentro del rango.
- De las comparaciones anteriores y de acuerdo a lo especificado por la norma, “los agregados que no cumplan con las especificaciones dadas anteriormente, podrían ser utilizados siempre y cuando se demuestre una evidencia aceptable del comportamiento satisfactorio”, pues en el presente informe y en función de los resultados se determinará si los agregados analizados podrán ser usados en la fabricación de concreto estructural”.

4.3. Contaminación de los agregados (MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 200)-ASTM C 117.

Tabla 18
Contaminación del agregado fino

ENSAYO N°	1
Peso seco de la muestra original (gr)	500.00
Peso de la muestra lavada (gr)	470.10
Peso del material que pasa tamiz N°200 (gr)	29.90
% de material que pasa tamiz N°200	5.98%

Tabla 19
Contaminación del agregado grueso

ENSAYO N°	1
Peso seco de la muestra original (gr)	5040.00
Peso de la muestra lavada (gr)	5009.00
Peso del material que pasa tamiz N°200 (gr)	31.00
% de material que pasa tamiz N°200	0.62%

4.3.1. Comentarios a los resultados:

(Contaminación de los agregados (Material que pasa el Tamiz 200)).

Según la norma de la ASTM C-33, los materiales muy finos como: la arcilla, limo y el polvo de tributación, que pasa la malla N° 200, están limitados en conjuntos a no más de:

Los análisis realizados a los materiales de la cantera en estudio, arrojan para el agregado fino 5.98% de material que pasa el tamiz N°200, y para el agregado grueso 0.62%, respectivamente. De lo indicado en la tabla anterior ASTM C33, sugiere que para el caso de agregado fino lo permisible desde 5% al 7%, y para e agregado grueso es de 1%, de donde se sugiere lavar el agregado fino.

4.4. Contenido de humedad (ASTM D-2216).

DATOS Y RESULTADOS PARA CADA MUESTRA EN AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO.

Tabla 20

Contenido de humedad del agregado fino

ENSAYO N°	1
Peso del recipiente (gr)	38.30
Peso de (M. Humeda + recipiente) (gr)	660.00
Peso de (M. Seca + recipiente) (gr)	643.50
Peso del agua (gr)	16.50
Peso de la muestra seca (gr)	605.20
Contenido de Humedad (%)	2.73

Tabla 21
Contenido de humedad del agregado fino

ENSAYO N°	1
Peso del recipiente (gr)	75.30
Peso de (M. Humeda + recipiente) (gr)	1650.00
Peso de (M. Seca + recipiente) (gr)	1631.23
Peso del agua (gr)	18.77
Peso de la muestra seca (gr)	1555.93
Contenido de Humedad (%)	1.21

4.4.1. Comentarios a los resultados

Lo recomendable cuando se determina el contenido de humedad, se compara con el grado de absorción a lo que se denomina humedad libre que viene a ser, la diferencia de la humedad total con y la absorción. Esto se usa con los siguientes criterios:

- Cuando la humedad libre es positiva, el agregado está aportando agua a la mezcla.
- Cuando la humedad es negativa, el agregado está quitando agua a la mezcla.
- Se deberá evaluar estos criterios luego de determinar la absorción para evaluar si el agregado en estudio aporta o quita agua a la mezcla.
- Según la norma ASTM C70 el contenido de humedad del fino debe estar del 2% al 6% y del agregado grueso del 0.5% al 2%, por lo nuestras muestras cumplen con lo especificado.

4.5. Gravedad específica y absorción ASTM C 128. Cálculos

Tabla 22
Peso específico de masa y Absorción del agregado fino

ENSAYO N°	1
A = Peso muestra secada al horno (gr)	1466.53
B = Peso del picnómetro y agua al ras (gr)	7480.00
C= Peso picnómetro, muestra y agua al ras (gr)	8423.37
S= Peso muestra saturada con superficie seca (gr)	1500.00
Peso Específico de Masa $Pe= A/(B+S-C)$	2.63
Peso Específico de Masa Saturada con superficie seca $500/(B+S-C)$	2.69
Peso Específico Aparente $Pea= A/(A+B-C)$	2.80
Absorción $Ab= [(S-A)x100]/A$	2.28

Tabla 23

Peso específico de masa y Absorción del agregado fino

ENSAYO N°	1
A = Peso muestra secada al horno (gr)	4880.00
B = Peso de muestra saturada con superficie seca (gr)	4930.00
C= Peso de muestra sumergida en agua (gr)	3105.77
Peso Específico de Masa $P_e = A/(B-C)$	2.68
Peso Específico de Masa Saturada con superficie seca $B/(B-C)$	2.70
Peso Específico Aparente $P_{ea} = A/(A-C)$	2.75
Absorción $A_b = [(B-A) \times 100]/A$	1.02

4.5.1. Cometarios a los resultados.

Según la norma ASTM C128 el peso específico del agregado natural están en el rango de 2.4 a 2.9, los materiales de la presente cantera, se ha obtenido para la arena 2.63 y para el agregado grueso 2.68 de peso específico, por lo que diremos que clasifican como agregados de peso normal, lo que nos representa materiales que se encuentran dentro de lo recomendado para su uso en la fabricación de concreto de peso normal.

La humedad libre de los agregados analizados, muestra humedad positiva, esto indica que los agregados proporcionarán agua a la mezcla, esta determinación se deberá de tener en cuenta al momento de realizar el diseño de mezclar para poder descontar de la cantidad de agua que sugiere ACI.

4.6. Peso unitario volumétrico (ASTM C-294)

Tabla 24
Peso Unitario Volumétrico Suelto-Agregado Fino

ENSAYO N°	1
Peso del recipiente (gr)	5179
Peso del recipiente + mat. (gr)	7330
Peso del material (gr)	2151
Volumen del recipiente (cm³)	1350
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1.590

Tabla 25
Peso Unitario Volumétrico Suelto-Agregado Fino

ENSAYO N°	1
Peso del recipiente (gr)	5179
Peso del recipiente + mat. (gr)	7330
Peso del material (gr)	2151
Volumen del recipiente (cm ³)	1350
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1.590

Tabla 26
Peso Unitario Volumétrico Suelto-Agregado grueso

ENSAYO N°	1
Peso del recipiente (gr)	8263
Peso del recipiente + mat. (gr)	11204
Peso del material (gr)	2941
Volumen del recipiente (cm³)	2093
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1.410

Tabla 27
Peso Unitario Volumetrico Compactado (Agreg. fino)

ENSAYO N°	1
Peso del recipiente (gr)	5179.00
Peso del recipiente + mat. (gr)	7590.33
Peso del material (gr)	2411.33
Volumen del recipiente (cm³)	1350.26
Peso Unitario Compactado (kg/m³)	1.786

Tabla 28
Peso Unitario Volumetrico Compactado (Agreg. grueso)

ENSAYO N°	1
Peso del recipiente (gr)	8263.00
Peso del recipiente + mat. (gr)	11454.33
Peso del material (gr)	3191.33
Volumen del recipiente (cm ³)	2092.64
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1.525

4.6.1. Comentarios a los resultados.

RESUMEN:

Peso Unitario Volumétrico Suelto (Agreg. Fino) =1,590.00 kg/m³ Peso Unitario Volumétrico Compactado (Agreg. Fino) =1,786.00 kg/m³ Peso unitario volumétrico suelto (Agreg. Grueso) =1,410.00 kg/m³ Peso unitario volumétrico compactado (Agreg. Grueso) =1,525.00 kg/m³

Según la norma ASTM C29 los pesos sueltos y compactados deben estar entre los rangos de 1200kg/m³-1760kg/m³, por lo que se considera estar dentro de los rangos establecidos.

4.7. Abrasión por la máquina de los ángulos (ASTM C-131).

Tabla 29

Ensayo De Resistencia A La Abrasión

Muestra N°	1
Cantera	CANTERA RIO CHINCHIPE
Graduación	"A"
Peso de la Muestra	5000.00
1 1/2" - 1"	1250.00
1" - 3/4"	1250.00
3/4" - 1/2"	1250.00
1/2" - 1/8"	1250.00
3/8" - 1/4"	
1/4" - N°04	
N° 04 - N° 08"	
Total Desgaste	550.00
Ret. N° 12 500 Vueltas	-
Ret. N° 12	4450.00
% de Desgaste	11.00%

4.7.1. Comentarios a los resultados.

En los agregados gruesos, ensayados al desgaste, según el método de

ASTMC 33 la pérdida no mayor del 50% del peso original, el MTC E 207-200 (Anexo 8.1, MTC 207-200) otorga a los agregados de tamaño máximo nominal de 19.0 mm (3/4") los porcentajes de pérdidas que varían entre 10 y 45%. Podrán emplearse agregado grueso que tenga una pérdida mayor, siempre que experimentalmente se demuestre la posibilidad de obtener concretos de resistencias adecuadas.

Por lo tanto, los agregados en estudio cuentan con la dureza suficiente ya que presentan una pérdida del 11.00% de desgaste ante la abrasión de la Máquina de los Ángeles. Lo que hace pensar que tenemos con estos agregados la dureza suficiente para poder fabricar un concreto de muy buena resistencia a la abrasión.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Chinchipe de la ciudad de San Ignacio, para la elaboración de un concreto de 250 kg/cm² son:

Tabla 30

Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

CARACTERÍSTICAS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO TMN=3/4"
HUMEDAD NATURAL %	2.73	1.21
ABSORCIÓN %	2.28	1.02
PESO ESPECÍFICO DE MASA (gr/cm ³)	2.69	2.70
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		3/4"
MÓDULO DE FINEZA	2.82	6.99
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1.59	1.41
PESO UNITARIO VARILLADO (kg/m ³)	1.79	2
ABRASIÓN (% de Desgaste)		11.00%

Fuente: Elaboración propia

Los materiales de la Cantera Rio Chinchipe de la Ciudad de San Ignacio, son aptos para su uso en la fabricación de concreto con resistencia a la compresión $f'c = 250$ kg/cm² y con consistencia plástica, siempre y cuando de cumpla con las recomendaciones realizadas y precauciones especificadas para cada tipo de ensayo que se ha desarrollado en el presente informe.

- Se obtuvo los 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.
- Utilizando el método del ACI comité 211, se obtuvo el diseño de mezcla para el concreto de $f'c = 250$ kg/cm² con los siguientes resultados:

Tabla 31
Proporciones de Diseño de la Mezcla

Diseño de Mezcla	Materiales	DISEÑO SECO			DISEÑO HUMEDO			
		Peso Seco (kg)	Volumen Absoluto (m3)	Diseño Unitario (kg)	Peso Húmedo (kg)	Diseño Unitario (kg)	Tanda de un saco (kg)	Tanda (kg) para 0.020 m3
a/c:0.50	Cemento	410	0.130	1	410	1	42.50	8.20
	Agua	205	0.205	0.5	200	0.49	20.83	4.00
	Arena	796	0.296	1.94	818	2.00	85.00	16.36
	Piedra	942	0.349	2.3	953	2.32	98.60	19.06
	Aire		0.020					
	TOTAL	2353	1.000		2381			

Fuente: Elaboración propia

5.2. Recomendaciones

Análisis granulométrico

- Analizando los resultados del análisis granulométrico, y teniendo en consideración que la cantera proviene de un río que va a cambiar su granulometría de acuerdo a la temporada del año en que se encuentre lluvias o sequías, pues se sugiere que cada vez que se requiera realizar un diseño de mezclas, se analice la granulometría, que a la consideración del presente estudio que se ha determinado como una grava bien graduada, pues podemos suponer que cambiará para la temporada de los meses de Enero a Junio que en la microcuenca del río no hay mucha presencia de lluvias y por ende acarreará material con otra granulometría, y podría cambiar considerablemente y obtenerse resultados diferentes a los obtenidos en el presente informe.
- En el hipotético caso que se desee dar uso a los agregados en función del análisis que en el presente se informe, se sugiere que se tenga en consideración que estos ensayos se han realizado en el mes de Febrero a Marzo temporada de lluvias continuas en la ciudad.

Gravedad específica y absorción:

- Existen momentos en los agregados que la absorción se presenta en mayor porcentaje que el contenido de humedad, pues para estos casos al agua de diseño

que sugiere la norma para cada tipo de concreto si este fuera el caso se tendrá que descontar.

- Se sugiere realizar este balance, que para climas calurosos o húmedos como se presente el caso, podría ser considerable y determinante para obtener el concreto con la resistencia requerida, ya que esto afecta directamente a la relación agua cemento, que es la que define en mayor porcentaje la resistencia del concreto.

Abrasión por la máquina de los angeles:

- En los agregados gruesos, ensayados al desgaste, según el método de ASTM C 33 la pérdida no mayor del 50% del peso original, el MTC E 207-200 (Anexo 8.1, MTC 207-200) otorga a los agregados de tamaño máximo nominal de 19.0 mm (3/4") los porcentajes de pérdidas que varían entre 10 y 45%. Podrá emplearse agregado grueso que tenga una pérdida mayor, siempre que experimentalmente se demuestre la posibilidad de obtener concretos de resistencias adecuadas.
- Por lo tanto, los agregados en estudio cuentan con la dureza suficiente ya que presentan una pérdida del 11.00% de desgaste ante la abrasión de la Máquina de los Ángeles. Lo que hace pensar que tenemos con estos agregados la dureza suficiente para poder fabricar un concreto de muy buena resistencia a la abrasión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ACI 211 (American Concrete Institute). 1991. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, reapproved 2002, ACI Committee 211.
- 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.
- NTP 400.012. 2013. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, INDECOPI.
- 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.

- Hoyos (2013, Jaén) en su “Estudio de los agregados de la cantera Cruce Chanango de la ciudad de Jaén – Cajamarca”,

ANEXOS

SECUENCIA DE DISEÑO			
1.- DETERMINACION DE LA RESISTENCIA PROMEDIO			
Teniendo en cuenta el grado de control en la obra:			
f'c	f'cr		
menor a 210	f'c + 70		
210 a 350	f'c + 84		
sobre 350	f'c + 98		
Se elegira el valor:			
f'cr= 334 kg/cm ³			
2.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			
TM= 3/4"			
3.-SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO			
PLASTICA : 3 " a 4 "			
4.-VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (TABLA 10.2.1)			
205 lt/m ³			
5.-CONTENIDO DE AIRE TOTAL (TABLA 11.2.1)			
2.00%			
6.-RELACION AGUA/CEMENTO			
relación agua/cemento por resistencia tabla 12.2.2			
f'cr	a/c		
350.00	0.48		
334 kg/m ³	x		
300	0.55		
x= 0.50			
Relación agua/ cemento= 0.50			
7.-FACTOR CEMENTO			
factor cemento=	410 kg/m ³ /	42.50 kg	= 9.65 bol/m³
8.-Contenido de agregado grueso (Tabla 16.2.2)			
Datos:			
mf= 2.82			
TMN= 3/4"			
2.80	2.82	3.00	
0.62	X	0.60	
$\frac{b}{b_0} = 0.618$			
$b = 0.618 \times 1525 \text{ kg/m}^3 = 942 \text{ kg/m}^3$			

9.-CALCULO DEL VOLUMEN 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	410.00 kg/m ³	/ 3.15 gr/cm ³	= 0.13 m ³
-Agua	205 lt/m ³	/ 1000 kg/m ³	= 0.205 m ³
-Aire	2.00% x 1m ³		= 0.02 m ³
-Agregado grueso	942 kg/m ³	/ 2.70 gr/cm ³	= 0.349 m ³
SUMA DE VOLUMENES CONOCIDOS			0.704 m³
10.-CONTENIDO DE AGREGADO FINO			
El volumen absoluto del agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absoluto conocidos:			
-Volumen absoluto del agregado fino	= 1 m ³	- 0.704 m ³	= 0.296 m ³
-Peso del agregado fino	= 0.296 m ³	x 2.69 gr/cm ³	= 796 kg/m ³
11.-VALORES DE DISEÑO			
Las cantidades de materiales, calculadas por el Método del ACI comité 211, a ser empleadas como valores de diseño serán:			
-Cemento	=	410 kg/m ³	
-Agua de diseño	=	205 kg/m ³	
-Agregado fino seco	=	796 kg/m ³	
-Agregado grueso seco	=	942 kg/m ³	
15.-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:			
-Agregado fino	= 796 kg/m ³	x 1.0273	= 818 kg/m ³
-Agregado grueso	= 942 kg/m ³	x 1.0121	= 953 kg/m ³
Acontinuacion determinaremos la humedad superficial del agregado:			
Humedad superficial			
-Agregado fino	= 2.73%	- 2.28%	= 0.45%
-Agregado grueso	= 1.21%	- 1.02%	= 0.19%
Y los aportes de humedad de los agregados serán:			
Aporte de humedad			
-Agregado fino	= 796 kg/m ³	x (0.0045)	= 3.58 kg/m ³
-Agregado grueso	= 942 kg/m ³	x (0.0019)	= <u>1.79 kg/m³</u>
Aporte de humedad de los agregados			5.37 kg/m ³
-Agua afectiva	= 205 kg/m ³	- 5.37 kg/m ³	= 199.6 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	=	410 kg/m ³	
-Agua Efectiva	=	200 kg/m ³	
-Agregado fino humedo	=	818 kg/m ³	
-Agregado grueso humedo	=	953 kg/m ³	

16.-PROPORCION EN PESO			
La proporción en peso de los materiales sin corregir y ya corregidos por humedad del agregado serán:			
PROPORCIONES DE DISEÑO			
-Cemento	= 410 kg/m ³	/ 410 kg/m ³	= 1
-Agua diseño	= 205 kg/m ³	/ 410 kg/m ³	= 0.50
-Agregado fino seco	= 796 kg/m ³	/ 410 kg/m ³	= 1.94
-Agregado grueso seco	= 942 kg/m ³	/ 410 kg/m ³	= 2.30
PROPORCIONES DE OBRA			
-Cemento	= 410 kg/m ³	/ 410 kg/m ³	= 1
-Agua efectiva	= 200 kg/m ³	/ 410 kg/m ³	= 0.49
-Agregado fino humedo	= 818 kg/m ³	/ 410 kg/m ³	= 2.00
-Agregado grueso humedo	= 953 kg/m ³	/ 410 kg/m ³	= 2.32
1	:	2.00	: 2.32 / 20.80 lt/saco
17.-PROPORCION EN VOLUMEN			
Para hallar las proporciones en volumen de la mezcla en obra haremos:			
Volumen aparente de los materiales (en pies ³)			
-Cemento =	$\frac{410 \text{ kg/m}^3}{42.50 \text{ kg/pie}^3}$	= 9.60 pie ³ /m ³	= 9.60 pie ³ /m ³
-A. Fino =	$\frac{818 \text{ kg/m}^3}{1590 \text{ kg/m}^3} \times 35.31 \text{ pie}^3/\text{m}^3$	= 17.69 pie ³ /m ³	= 17.69 pie ³ /m ³
-A. Grueso =	$\frac{953 \text{ kg/m}^3}{1410 \text{ kg/m}^3} \times 35.31 \text{ pie}^3/\text{m}^3$	= 23.58 pie ³ /m ³	= 23.58 pie ³ /m ³
-Agua Efectiva =	200 kg/m ³		
LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN DE OBRA SERAN:			
-Cemento	= 9.60 pie ³ /m ³	/ 9.60 pie ³ /m ³	= 1
-Agua efectiva	= 200 kg/m ³	/ 9.60 pie ³ /m ³	= 20.83
-Agregado fino humedo	= 17.69 pie ³ /m ³	/ 9.60 pie ³ /m ³	= 1.84
-Agregado grueso humedo	= 23.58 pie ³ /m ³	/ 9.60 pie ³ /m ³	= 2.46
1	:	1.84	: 2.46 / 20.80 lt/saco

Tabla 32
Ensayo de asentamientos

PCH 3/4" =								
Tipo de concreto	N° de Mezcla	Agregado grueso	Edad a romper en días	código de testigo	Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Hora de elaboración	Asentamiento (cm)
250	1	PCH 3/4"	28	PCH1 (3/4")	13/02/2017	13/03/2017	8:30am	7.5
		PCH 3/4"	28	PCH2 (3/4")				
		PCH 3/4"	28	PCH3 (3/4")				
	2	PCH 3/4"	28	PCH4 (3/4")	14/02/2017	14/03/2017	9:30am	7.8
		PCH 3/4"	28	PCH5 (3/4")				
		PCH 3/4"	28	PCH6 (3/4")				
	3	PCH 3/4"	28	PCH7 (3/4")	15/02/2017	15/03/2017	10:30am	7.7
		PCH 3/4"	28	PCH8 (3/4")				
		PCH 3/4"	28	PCH9 (3/4")				
250	4	PCH 3/4"	14	PCH10 (3/4")	16/02/2017	02/03/2017	11:30am	7.9
		PCH 3/4"	14	PCH11 (3/4")				
		PCH 3/4"	14	PCH12 (3/4")				
	5	PCH 3/4"	14	PCH13 (3/4")	17/02/2017	03/03/2017	12:30am	8.1
		PCH 3/4"	14	PCH14 (3/4")				
		PCH 3/4"	14	PCH15 (3/4")				
	6	PCH 3/4"	14	PCH16 (3/4")	18/02/2017	04/03/2017	10:30am	8.1
		PCH 3/4"	14	PCH17 (3/4")				
		PCH 3/4"	14	PCH18 (3/4")				
250	7	PCH 3/4"	7	PCH19 (3/4")	20/02/2017	27/02/2017	11:30am	7
		PCH 3/4"	7	PCH20 (3/4")				
		PCH 3/4"	7	PCH21 (3/4")				
	8	PCH 3/4"	7	PCH22 (3/4")	21/02/2017	28/02/2017	8:30pm	7.4
		PCH 3/4"	7	PCH23 (3/4")				
		PCH 3/4"	7	PCH24 (3/4")				
	9	PCH 3/4"	7	PCH25 (3/4")	22/02/2017	01/03/2017	10:30pm	7.1
		PCH 3/4"	7	PCH26(3/4")				
		PCH 3/4"	7	PCH27 (3/4")				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33
Ensayos a la Compresión de probetas

PIEDRA CHANCAD TMN= 3/4"								
f'c=	250	kg/cm2						
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	PCH19 (3/4")	15.20	181.46	347.9	35475.36	195.50	78
2	7	PCH20 (3/4")	15.00	176.71	329.3	33578.72	190.02	76
3	7	PCH21 (3/4")	15.10	179.08	332.8	33935.62	189.50	76
4	7	PCH22 (3/4")	15.20	181.46	347	35383.59	195.00	78
5	7	PCH23 (3/4")	15.00	176.71	329.3	33578.72	190.02	76
6	7	PCH24 (3/4")	15.10	179.08	333.9	34047.78	190.13	76
7	7	PCH25 (3/4")	15.20	181.46	347.2	35403.98	195.11	78
8	7	PCH26(3/4")	15.00	176.71	336.2	34282.31	194.00	78
9	7	PCH27 (3/4")	15.10	179.08	341.6	34832.95	194.51	78
10	14	PCH10 (3/4")	15.20	181.46	436.7	44530.30	245.40	98
11	14	PCH11 (3/4")	15.00	176.71	424.6	43296.46	245.01	98
12	14	PCH12 (3/4")	15.10	179.08	430.8	43928.68	245.30	98
13	14	PCH13 (3/4")	15.20	181.46	436.2	44479.31	245.12	98
14	14	PCH14 (3/4")	15.00	176.71	424.6	43296.46	245.01	98
15	14	PCH15 (3/4")	15.10	179.08	431	43949.07	245.42	98
16	14	PCH16 (3/4")	15.20	181.46	436	44458.92	245.01	98
17	14	PCH17 (3/4")	15.00	176.71	424.9	43327.05	245.18	98
18	14	PCH18 (3/4")	15.10	179.08	431	43949.07	245.42	98
19	28	PCH1 (3/4")	15.10	179.08	501.6	51148.15	285.62	114
20	28	PCH2 (3/4")	15.20	181.46	507.9	51790.56	285.41	114
21	28	PCH3 (3/4")	15.00	176.71	494.9	50464.95	285.57	114
22	28	PCH4 (3/4")	15.00	176.71	494.1	50383.38	285.11	114
23	28	PCH5 (3/4")	15.10	179.08	500.5	51035.99	284.99	114
24	28	PCH6 (3/4")	15.20	181.46	507.5	51749.78	285.19	114
25	28	PCH7 (3/4")	15.00	176.71	493.9	50362.98	285.00	114
26	28	PCH8 (3/4")	15.10	179.08	500.5	51035.99	284.99	114
27	28	PCH9 (3/4")	15.20	181.46	507.5	51749.78	285.19	114

Fuente: Elaboración propia

PANEL FOTOGRAFIAS



Figura 28. Acopio de materiales.



Figura 29. Piedra chancada TMN=3/4"



Figura 30. Arena gruesa



Figura 31. Muestras en el laboratorio



Figura 32. Peso de muestra suelta



Figura 33. Compactado de muestra, PCH 3/4"



Figura 34. Lavado del agregado fino.



Figura 35. Tamizado.



Figura 36. Agregados húmedos.



Figura 37. Peso húmedo del agregado fino.



Figura 38. Secado de los agregados.



Figura 39. Agregado sumergido en agua





Figura 46. Deformimetro



Figura 47. Ensayo a compresión.