

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFLUENCIA DE FORMA, TAMAÑO Y TEXTURA DE LOS
AGREGADOS GRUESOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
DEL CONCRETO
TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

Bach. GUILLÉN FLORES, LUIS FERNANDO

Bach. LLERENA TINOCO, IDELIA MARIELA

ASESOR: Mg. Ing. LILIANA CHAVARRÍA REYES

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por su apoyo incondicional, a mis hermanos por la motivación y a Dios por que con el somos todo y sin él nada.

Idelia Mariela Llerena Tinoco

Dedico esta tesis a mis padres por su apoyo incondicional, a mis tíos, al amor de mi vida, a mis sobrinos, a mi hermana, a mis hijos y a mi abuelo con una mirada al cielo.

Luis Fernando Guillen Flores

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra asesora la Mg. Ing. Liliana Chavarría por su constante apoyo y consejo, a nuestro asesor metodólogo el Dr. Ing. Carlos Chavarri y a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera y a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docente, amigos y familiares.

Idelia Llerena y Luis Fernando Guillén

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	4
1.2 Objetivo general y específico.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivo específico	5
1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática	5
1.3.1 Geográfica:	5
1.3.2 Temporal.....	5
1.3.3 Temática	6
1.3.4 Muestral:	6
1.4 Justificación e importancia.....	6
1.4.1 Conveniencia	6
1.4.2 Importancia:	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Marco histórico	9
2.1.1 Artículos de investigación	9
2.1.2 Tesis relacionadas a la investigación.....	15
2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio.....	29
2.2.1 Agregado grueso.....	29

2.2.2	Agregados minerales	37
2.2.3	Agregados artificiales	38
2.2.4	Concreto.....	61
2.3	Definición de términos básicos	66
2.3.1	Componentes del agregado.....	66
2.3.2	Componentes del concreto.....	69
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS		72
3.1	Hipótesis.....	72
3.1.1	Hipótesis principal	72
3.1.2	Hipótesis secundarias.....	72
3.2	Variables	72
3.2.1	Definición conceptual de las variables	72
3.2.2	Operacionalización de las variables.....	72
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		75
4.1	Tipo y nivel	75
4.1.1	Tipo de investigación.....	75
4.1.2	Nivel de investigación	75
4.2	Diseño de investigación	75
4.3	Población y muestra	75
4.3.1	Población	75
4.3.2	Muestra	75
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	76
4.4.1	Tipos de técnicas e instrumentos	76
4.4.2	Procedimientos para la recolección de datos	76

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	77
5.1 Diagnóstico y situación actual	77
5.2 Contrastación de resultados	77
5.2.1 Análisis de resultados mediante influencia según su forma	77
5.2.2 Análisis de resultados mediante influencia según su tamaño	89
5.2.3 Análisis de resultados mediante la influencia según su textura.....	96
5.3 Contrastación de resultados	98
5.3.1 Contrastación de la primera hipótesis.....	98
5.3.2 Contrastación de la segunda hipótesis	105
5.3.3 Contrastación de la tercera hipótesis	107
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	111
6.1 Discusión de resultados.....	111
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
ANEXOS	120
ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA VARIABLE DEPENDIENTE	121
ANEXO 2 - MATRIZ DE CONSISTENCIA VARIABLE INDEPENDIENTE	122
ANEXO 3 - FORMA DEL AGREGADO GRUESO	123
ANEXO 4 - TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO	123
ANEXO 5 - SELECCIÓN DOCUMENTAL: TÍTULO - LINK - AÑO	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1:Clasificación de las rocas ígneas según su velocidad y localización	33
Tabla N° 2:Clasificación de rocas sedimentarias según el agente geológico externo	35
Tabla N° 3:Clasificación de los depósitos de rocas sedimentarias.....	35
Tabla N° 4:Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas.....	43
Tabla N° 5:Clasificación de las partículas del agregado según su forma.	48
Tabla N° 6:Clasificación de las partículas del agregado según su textura superficial ...	49
Tabla N° 7:Clasificación de los agregados según su masa unitaria.....	50
Tabla N° 8:Consistencia de mezcla de concreto.....	63
Tabla N° 9:Relación entre la resistencia a la compresión del concreto.....	65
Tabla N° 10:Comparativo del peso unitario suelto según tipo de agregado.....	78
Tabla N° 11:Comparativo del peso unitario compactado según tipo de agregado.....	79
Tabla N° 12:Comparativo del peso específico según tipo de agregado	80
Tabla N° 13:Comparativo del módulo de fineza según tipo de agregado	81
Tabla N° 14:Comparativo del porcentaje de absorción según tipo de agregado	82
Tabla N° 15:Comparativo del porcentaje de humedad según tipo de agregado.....	83
Tabla N° 16:Comparativo de volumen de agua según tipo de agregado.....	85
Tabla N° 17:Comparativo del porcentaje de aire basados en tres métodos.....	87
Tabla N° 18:Comparativo de la relación a/c basados en tres métodos	89

Tabla N° 19:Comparativo de pesos unitarios sueltos según tipo de agregado grueso ...	90
Tabla N° 20:Comparativo de pesos unitarios compactados según tipo de agregado	91
Tabla N° 21:Comparativo de pesos específicos según tipo de agregado	93
Tabla N° 22:Comparativo de módulos de fineza según tipo de agregado.....	95
Tabla N° 23:Cuadro de resistencias según la textura lisa.....	97
Tabla N° 24:Cuadro de resistencias según la textura áspera	97
Tabla N° 25:Cuadro de resistencias según el tipo de textura cristalina.....	98
Tabla N° 26:Cuadro de resistencias según el tipo de textura porosa.....	98
Tabla N° 27:Proporción y dosificación según el peso por el método de ACI.....	99
Tabla N° 28:Proporción y dosificación según el peso por el Método de Walker.....	100
Tabla N° 29:Proporción y dosificación según el peso por el Método de fineza.....	100
Tabla N° 30:Cuadro de asentamientos para analizar la consistencia del concreto.....	106
Tabla N° 31 :Cuadro de textura lisa para un agregado redondeado	108
Tabla N° 32:Cuadro de textura áspera para un agregado angular	108
Tabla N° 33:Cuadro de textura cristalina para un agregado angular	108
Tabla N° 34:Cuadro de textura poroso para un agregado angular.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1:Clasificación de rocas ígneas (intrusivas, filoninas o extrusiva	32
Figura N° 2:Clasificación de agregados sedimentarios formados por rocas ígneas	34
Figura N° 3:Clasificación de los depósitos de rocas sedimentarias.....	37
Figura N° 4:Estados de saturación del agregado.	51
Figura N° 5:Equipo tronco de cono y barra de acero liso y punta semiesférica.....	62
Figura N° 6:Ensayo de asentamiento.....	63
Figura N° 7:Variación de pesos unitarios sueltos según tipo de agregado y tamaño	78
Figura N° 8:Variación de pesos unitarios compactados según tipo de agregado	79
Figura N° 9:Variación de pesos específicos según tipo de agregado y granulometría...	80
Figura N° 10:Variación de módulos de fineza según tipo de agregado y granulometría	81
Figura N° 11:Variación de % de absorción según tipo de agregado y granulometría....	82
Figura N° 12:Variación del porcentaje de humedad según tipo de agregado grueso	84
Figura N° 13:Variación de volumen de agua según tipo de agregado por en tres métodos	86
Figura N° 14:Variación del % de aire según tipo de agregado basado en tres métodos	88
Figura N° 15:Variación de pesos unitarios sueltos según tipo de agregado.....	91
Figura N° 16:Variación de pesos unitarios compactados según tipo de agregado	92
Figura 17:Variación de pesos específicos según tipo de agregado.....	94
Figura N° 18:Variación de módulos de fineza según tipo de agregado.....	96

Figura N° 19:Diseño de mezcla en peso (kg) para agregados redondeados y angulares	101
Figura N° 20:Proporción de mezclas en porcentajes para agregado redondeado.....	101
Figura N° 21:Proporción de mezclas de diseño en porcentajes para agregado angula.	102
Figura N° 22:Diseño de mezcla en peso (kg) para agregados redondeados y angulares	102
Figura N° 23:Proporción de mezclas de diseño en porcentajes para agregado angula.	103
Figura N° 24:Proporción de mezclas de diseño en porcentajes para agregado angular	103
Figura N° 25:Diseño de mezcla en peso(kg) para agregados redondeados y angulares	104
Figura N° 26:Proporción de mezclas de diseño en porcentajes para agregado angular	104
Figura N° 27:Proporción de mezclas de diseño en porcentajes para agregado angula.	105
Figura N° 28:Variación de asentamientos según tipo de agregado grueso.....	106
Figura N° 29:Variación de resistencias según textura de agregado.....	110

RESUMEN

Esta investigación se enfocó en la influencia de la forma, tamaño y textura de los agregados gruesos para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, tomando los perfiles del agregado grueso más conocidos y utilizados a nivel nacional, el primero es la piedra chancada de forma irregular y textura áspera y el otro la grava de forma redondeada y textura lisa con diferentes granulometrías, muchas veces estos agregados son reemplazados uno por el otro sin hacer ajustes en los diseños de mezclas, desconociendo los cambios que producen en las propiedades del concreto

Usamos una metodología deductiva comparativa con enfoque cualitativo para encontrar las formas del agregado grueso y la influencia que tiene en la proporción del concreto, así como la influencia del tamaño para mejorar la consistencia del concreto y la influencia de la textura para mejorar la resistencia llegamos a concluir la mayor resistencia que se dio en el agregado angular, se debió a la influencia de su textura áspera que permitió una buena adherencia mecánica, que es mayor cuanto más rugosa es la superficie, y así, los agregados triturados proporcionaron mayor resistencia del concreto a diferencia de los agregados redondeados que por su textura lisa lograron una mínima adherencia.

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

Palabras clave: Forma, tamaño, textura, agregado grueso

ABSTRACT

This research focused on the influence of the shape, size and texture of coarse aggregates to improve the mechanical properties of concrete, taking the most well-known and widely used profiles of coarse aggregate at the national level, the first being irregularly crushed stone and rough texture and the other the rounded gravel and smooth texture with different granulometries, many times these aggregates are replaced one by the other without making adjustments in the mixture designs, ignoring the changes they produce in the properties of the concrete

We use a comparative deductive methodology with a qualitative approach to find the shapes of the coarse aggregate and the influence it has on the proportion of the concrete, as well as the influence of size to improve the consistency of the concrete and the influence of the texture to improve the resistance. conclude the greater resistance that occurred in the angular aggregate, was due to the influence of its rough texture that allowed a good mechanical adhesion, which is greater the rougher the surface, and thus, the crushed aggregates provided greater resistance of the concrete to Unlike the rounded aggregates that, due to their smooth texture, achieved minimal adherence.

Experience has shown that those with shapes that are close to the cube, among the crushed ones, and to the sphere in the case of the rolled ones, offer better workability and to some extent greater durability than those with a flattened or elongated shape.

Keywords: Shape, size, texture, coarse aggregate

INTRODUCCIÓN

En el Perú existe una mala práctica en la elaboración de mezclas de concreto, debido a que muchas veces se prioriza la economía sobre la calidad de los materiales con los que se construye. En la mayoría de las construcciones que se ejecutan sin tener especificaciones técnicas supervisadas, se prefiere utilizar en las mezclas el hormigón (mezcla natural de arena con grava redondeada) o agregado grueso mezclado (grava natural y piedra chancada) reemplazando a piedra triturada para la que se hizo el diseño de mezclas, teniendo resultados finales de baja resistencia. Gran parte de los constructores no verifican el tamaño de los agregados gruesos a la hora de realizar un concreto, lo que ocasiona resultados diferentes a los esperados, así como el uso de cantidades asumidas a través de la experiencia del constructor o del mismo maestro de obra. Generalmente descuidan los constructores al emplear el concreto, es la poca verificación de la morfología y textura de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados.

La razón que motiva a realizar esta investigación, es porque en la mayoría de las construcciones existe una mala práctica en la elaboración de mezclas de concreto. Muchas veces se prioriza la economía más que la calidad de los materiales con los que se construye. Gran parte de las construcciones que se ejecutan sin tener especificaciones técnicas supervisadas, prefieren utilizar en las mezclas el hormigón (mezcla natural de arena con grava redondeada) o agregado grueso mezclado (grava natural y piedra chancada); afectando el resultado las propiedades mecánicas del concreto para un diseño óptimo.

Con esta investigación se pretende poner en práctica los conocimientos adquiridos en tecnología de materiales y concreto; usando una metodología deductiva comparativa basadas en estudios anteriores. Del mismo modo, se procura contribuir en brindar información veraz sobre la calidad de agregados gruesos para optimizar las construcciones; además se perfeccionarán las propiedades mecánicas del concreto, y a su vez se optimizarán costos.

El objetivo de la presente investigación se basó en analizar la forma, tamaño y textura de los agregados gruesos en las propiedades mecánicas del concreto y con ello llevamos a plantear tres objetivos específicos:

- Analizar la forma de los agregados gruesos para mejorar la proporción de agregados gruesos para un diseño de mezclas
- Estudiar el tamaño de los agregados gruesos para mejorar la consistencia del concreto en estado fresco
- Examinar la textura de los agregados gruesos para mejorar la resistencia a la compresión del concreto

La forma, tamaño y textura del agregado grueso tiene como objetivo ver su influencia en las propiedades mecánicas del concreto para obtener un diseño de mezclas óptimo y reducir los costos en la producción de la mezcla, ya que estos poseen una participación entre el 65% y el 70% del total de la mezcla de concreto.

La forma y textura superficial de las partículas individuales de cualquier tipo de agregado tienen una influencia importante en la manejabilidad del concreto en su estado fresco y en otras características físicas de su estado sólido. El uso de diferentes tipos de agregados finos puede generar variaciones en el asentamiento de la mezcla para el concreto. Por ejemplo, las arenas angulares tendrán un menor asentamiento en comparación a una mezcla diseñada con agregados finos redondeados y lisos. Esto puede generar la necesidad de hacer un cambio en la relación agua/material cementante.

Aunque la forma y textura de los agregados gruesos también repercute en dicha relación, la resistencia se ve afectada en mayor medida a través de la relación adherencia agregado/pasta de cemento.

Esta investigación se desarrolló en seis capítulos asociados a nuestro objetivo general pero separados para obtener

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, en donde se efectúa la descripción de la realidad problemática y los objetivos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO, en donde se recopila información de tesis y artículos de autores pasados para describir las bases teóricas que sustentan el desarrollo de la presente investigación.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS, en donde describe las hipótesis del tema que genera nuestra investigación y la identificación de las variables.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, en donde describe el proceso del desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN, en donde se describe el análisis de los resultados basados en la información recopilada.

CAPÍTULO VI: DISCUSIONES es donde se describe la discusión de resultados, las conclusiones y las recomendaciones para continuar la investigación

La investigación requiere de un análisis de las propiedades físicas del agregado grueso y las propiedades mecánicas del concreto para ver observar su influencia en ella, es por ello que hemos dividido esta investigación en seis capítulos, los cuales empiezan con la descripción de la realidad problemática a raíz del mal uso de agregado y la recopilación de información técnica de las propiedades físicas del agregado grueso; culminando con un análisis comparativo para obtener conclusiones y recomendaciones para los futuros tesis.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

En el Perú existe una mala práctica en la elaboración de mezclas de concreto, debido a que muchas veces se prioriza la economía sobre la calidad de los materiales con los que se construye. En la mayoría de las construcciones que se ejecutan sin tener especificaciones técnicas supervisadas, se prefiere utilizar en las mezclas el hormigón (mezcla natural de arena con grava redondeada) o agregado grueso mezclado (grava natural y piedra chancada) reemplazando a piedra triturada para la que se hizo el diseño de mezclas, teniendo resultados finales de baja resistencia. Gran parte de los constructores no verifican el tamaño de los agregados gruesos a la hora de realizar un concreto, lo que ocasiona resultados diferentes a los esperados, así como el uso de cantidades asumidas a través de la experiencia del constructor o del mismo maestro de obra. Generalmente descuidan los constructores al emplear el concreto, es la poca verificación de la morfología y textura de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados.

La explotación de canteras de grava y arena en nuestro país se lleva a cabo sin ningún control de calidad, tampoco se asegura que el material obtenido cumpla con los requisitos de las normas técnicas empleadas en nuestro medio

Esta investigación se realizó para conocer cuál de estos dos perfiles de agregado grueso (piedra chancada y grava) mejoran las propiedades del concreto fresco y endurecido.

La calidad de un concreto es un factor determinante en la seguridad de una estructura. Sin embargo, esta no se obtiene únicamente con un correcto diseño de mezcla para una obra, un eficiente mezclado y colocación. Porque aun cumpliendo con estos, los resultados de laboratorio muestran variaciones considerables en la resistencia de un concreto hecho bajo un mismo diseño. No se han investigado aún las causas de estas variaciones en la resistencia del concreto diseñado para las obras. No obstante, se considera que los agregados constituyen un aproximado del

70% al 80% en volumen de este. Se puede deducir que las variaciones de calidad en el tiempo de estos, afectan en gran medida las propiedades finales del concreto. Por lo tanto, es necesario hacer un estudio de las principales canteras que se explotan en nuestro medio. Para ello, se abarcarán las canteras más importantes de la zona Este de Lima, tomando en cuenta las normas ASTM, y las NTP correspondientes.

1.2 Objetivo general y específico

1.2.1 Objetivo general

Analizar la forma, tamaño y textura del agregado grueso en las propiedades del concreto

1.2.2 Objetivo específico

- a) Analizar la forma de los agregados gruesos para mejorar la proporción de agregados gruesos para un diseño de mezclas
- b) Estudiar el tamaño de los agregados gruesos para mejorar la consistencia del concreto en estado fresco
- c) Examinar la textura de los agregados gruesos para mejorar la resistencia a la compresión del concreto

1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

1.3.1 Geográfica:

Las muestras de agregados tomadas de las diferentes tesis, para hacer el comparativo con los resultados, fueron de diferentes partes del Perú, así como algunos resultados de países extranjeros.

1.3.2 Temporal

Para este tipo de investigación descriptiva y comparativa, se tomaron resultados de diferentes años, con una antigüedad máxima de diez (10) años respecto al año actual.

1.3.3 Temática

Esta investigación analiza las propiedades físicas de los agregados gruesos para ver la influencia que tienen en las propiedades mecánicas del concreto.

1.3.4 Muestral:

Se aplicarán muestras de probetas de concreto endurecido y fresco para ver la consistencia y la resistencia del concreto bajo las normas NTP y ASTM.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Conveniencia

La razón que motivó a realizar esta investigación es porque en la mayoría de las construcciones existe una mala práctica en la elaboración de mezclas de concreto. Muchas veces se prioriza la economía más que la calidad de los materiales con los que se construye. Gran parte de las construcciones que se ejecutan sin tener especificaciones técnicas supervisadas, prefieren utilizar en las mezclas el hormigón (mezcla natural de arena con grava redondeada) o agregado grueso mezclado (grava natural y piedra chancada). Esto reemplaza a la piedra triturada, que se hizo para el diseño de mezclas. Por consiguiente, se obtienen resultados finales de baja resistencia.

a) Relevancia social

Esta investigación tiene una relevancia social puesto que se contribuirá con la mejora de la calidad de sus edificaciones, siendo los constructores los que sabrán cual es el mejor agregado grueso a utilizar para la mejora de la resistencia y durabilidad de cualquier edificación, además se optimizarán costos puesto que se tendrá más claro el tipo de agregado grueso óptimo para cualquier construcción.

b) Aplicaciones prácticas

Con esta investigación se pretende poner en práctica los conocimientos adquiridos en tecnología de materiales y concreto. Del mismo modo, se procura

contribuir en brindar información veraz sobre la calidad de agregados gruesos para optimizar las construcciones.

c) Utilidad metodológica

Para lograr el cumplimiento de los objetivos de estudio, se acude al empleo de parámetros según NTP como instrumentos para analizar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados gruesos, concreto en estado fresco y endurecido.

A través de esta aplicación con tablas de ensayos y procesamiento en hoja de cálculo Excel. Se busca identificar que cantera produce el agregado grueso de calidad.

d) Valor teórico

La investigación propuesta busca determinar la influencia de los agregados gruesos según su formación geológica en la resistencia mecánica del concreto en las canteras. Esto permitirá comparar y contrastar la calidad de los agregados según Norma Técnica Peruana (NTP)

1.4.2 Importancia:

El uso de agregados en el concreto tiene como objetivo reducir los costos en la producción de la mezcla (relleno adecuado para la mezcla, ya que reduce el contenido de pasta de cemento por metro cúbico). Asimismo, ayuda a controlar los cambios volumétricos (cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado, de curado y secado de la mezcla de concreto). Finalmente, contribuye a la resistencia final del material.

Poseen una participación entre el 65% y el 70% del total de la mezcla de concreto. La forma y textura superficial de las partículas individuales de cualquier tipo de agregado tienen una influencia importante en la manejabilidad del concreto en su estado fresco y en otras características físicas de su estado sólido. El uso de diferentes tipos de agregados finos puede generar variaciones en el asentamiento de la mezcla para el concreto. Por ejemplo, las arenas angulares tendrán un menor

asentamiento en comparación a una mezcla diseñada con agregados finos redondeados y lisos. Esto puede generar la necesidad de hacer un cambio en la relación agua/material cementante.

Aunque la forma y textura de los agregados gruesos también repercute en dicha relación, la resistencia se ve afectada en mayor medida a través de la relación adherencia agregado/pasta de cemento.

Existe un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva, ocurrirá el fenómeno de segregación. De la misma forma, los agregados finos deben estar dosificados de forma tal que permitan una buena trabajabilidad y brinden cohesión a la mezcla, pero a la vez no deben estar en exceso porque perjudicarían la manejabilidad y la resistencia del concreto.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

2.1.1 Artículos de investigación

Chamorro, R. (2008) expresa que los agregados gruesos, de rocas madre como andesita y diorita son excelentes materiales. Su granulometría y tamaño máximo son variables, por lo que influyen en la segregación. Los agregados de la cantera del río, en cuanto a su formación geológica, presentan un mismo origen y propiedades. Su forma es de canto rodado, y la textura, superficial lisa. Sin embargo, en líneas generales, se encuentran mal gradadas.

Lopez, E. (2000) manifiesta 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 el fino. Cuando se tiene un mismo contenido de pasta, debe emplearse el de perfil redondeado, que tiende a disminuir la consistencia. Los agregados secos o altamente porosos pueden desmejorar la consistencia, tornando seca la mezcla a causa de la reducción en la cantidad de agua disponible para la mezcla. Así mismo afirma que la textura superficial del agregado interviene en la resistencia del concreto endurecido por adherencia con la pasta, es así que para texturas ásperas se obtiene mejores resistencias que para texturas suaves.

Portugal, E. (2010) afirma que la mayor adherencia mecánica se da en las partículas de perfil angular, así como del agregado grueso, porque producen una resistencia mayor que la grava redondeada. La angularidad acentuada deberá ser evitada por requerir altos contenidos de agua y presentar reducciones en la trabajabilidad. No obstante, recomiendan el uso del agregado grueso angular, ya que producen resistencias más altas en comparación a los agregados redondeados. La razón principal, es la adherencia mecánica, la cual puede ser desarrollada con partículas angulares. A pesar de ello, partículas muy anguladas causan disminución

de la trabajabilidad. Cabe resaltar que el agregado ideal debe ser limpio, de forma cúbica, e incluso, angulado, 100% chancado con un mínimo contenido de partículas planas y alargadas. Por consiguiente, para concretos de alta resistencia, se considera que el agregado ideal debe ser 100% chancado de perfil angular y textura rugosa, además de limpio, duro, resistente, poco absorbente, de preferencia, con el menor porcentaje de partículas chatas o elongadas.

Olarte Buleje, Z. (2017) asevera que no siempre a mayor cantidad de cemento, mayor resistencia, pues hay características de los agregados pétreos, que ocasionan una mejor compactación de las partículas de cemento. De igual manera, se infiere que la relación agua cemento establece el asentamiento del concreto o la manejabilidad de la mezcla. Cabe también mencionar que la resistencia a la flexión y compresión está relacionada con el tamaño del agregado y la relación del cemento con el agregado.

Gamarra, R. (2008) ostenta en su investigación a manera de síntesis, que en estado fresco el concreto con agregado de perfil redondeado describe un carácter aleatorio respecto al angular. A su vez, el endurecido arroja valores bastante aproximados en la resistencia a la compresión respecto a un concreto con piedra chancada.

Riva, E (2000) ratifica 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.

Montenegro, J. (2011) expone que la forma de los agregados incide en el comportamiento del concreto. La experiencia ha demostrado que aquellos que presentan formas que se acercan a la del cubo, entre los triturados, y a la esfera en el caso de los rodados ofrecen mejor trabajabilidad y en alguna medida mayor durabilidad que aquellos de forma aplanada o alargada. La forma de los agregados está condicionada por la estratificación de las rocas en el yacimiento, el plano de clivaje y la corrección del proceso de trituración cuando es el caso.

La menor trabajabilidad del concreto con agregados aplanados o alargados se encuentra en la mayor superficie con relación al volumen, que origina mayor frotamiento interno. Asimismo, en las dificultades para su colocación en el pastón.

La forma de los elementos granulares está definida por tres dimensiones, la longitud “L”, el grosor “G”, y el espesor “E”, de manera:

Como quiera que la determinación de la forma de los agregados por la medida con un vernier de sus tres dimensiones predominantes es un proceso largo y tedioso, raramente se efectúa en la práctica. La normalización internacional ha considerado diferentes sistemas de evaluación, por métodos rápidos y prácticos. La norma peruana de requisitos de agregados considera el índice de espesor, que expresa la relación G/E.

El factor “G” está determinado por el paso de los agregados por una parrilla, de barras redondas paralelas, que separa los elementos inconvenientes cuando la relación es mayor que 1.58. Los agregados son separados por la parrilla, en la que la luz libre entre barras establece una relación G/1.58, que viene a significar el salto de una dimensión de la serie. $\sqrt{10}$ cuando pasa de G a G/1.58

En la norma peruana el índice de espesor se encuentra dentro de los requisitos complementarios, que son de aplicación al agregado utilizado en los concretos de resistencia 210 kg/cm² y mayores.

En estos casos el índice de espesor del agregado grueso no será mayor de 50 cuando se trata de agregado natural, y de 35 para grava triturada.

Campo, E. (2015) enfatiza la tecnología del concreto así como también a los materiales que lo componen y su comportamiento frente a cargas que actúan, se da a conocer las propiedades físicas y químicas de los agregados así como también la influencia de las características del tipo de agregado y su influencia en cuanto a la resistencia a compresión axial del concreto, y tal cual es muy importante que los agregados sean lavados para elaborar un diseño de mezclas ya que esto influye en la resistencia a compresión del concreto, es muy importante lavarlos los agregados para eliminar los materiales como finos y arcillas que estos agregados contienen debido a su trituración, también se da a conocer las características que debe de tener el agua siendo está muy importante para obtener una buena trabajabilidad y plasticidad del concreto por lo que debe de cumplir con los límites permisibles en cuanto a cloruros (Ión Cl), sulfato (Ión SO₄), Ph, sólidos en suspensión, porcentaje de finos que contiene los agregados afectando la resistencia a compresión axial del concreto etc. La finalidad del trabajo de investigación es determinar en cuánto aumenta la resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra caliza tritura lavada.

Scanferla, J. y Leun, J. (2010) sostienen que la forma y textura superficial de las partículas de un agregado influyen en las propiedades del concreto fresco más que en el concreto endurecido. Las partículas con textura áspera, angulares o alongadas requieren más agua para producir un concreto trabajable que agregados lisos, redondeados y compactos. Además, las partículas de agregados angulares requieren más cemento para mantener la misma relación agua/cemento. Sin embargo, con la granulometría satisfactoria, tanto los agregados triturados como los no triturados (de un

mismo tipo de roca), generalmente, producen concretos con la misma resistencia, si se mantiene el contenido de cemento

Ferreira, A. (2014) presenta la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo por medio de la composición en porcentajes de los diversos tamaños de agregado de una muestra. Su uso incide en la manejabilidad de una mezcla de concreto, debido a que un agregado mal gradado presenta exceso de vacíos que deben ser llenados con pasta en el caso de la arena y con mortero en caso del agregado grueso. En sus resultados a mejor gradación mayor manejabilidad.

Ferreira, A. (2014) manifiesta que las partículas alargadas y planas pueden afectar la compactación; por la dificultad de acomodamiento en el lugar y muchas veces hasta triturarse, esto quiere decir que, a mayor espacio entre partículas, mayor será la cantidad de cemento a usar. A mayor valor de caras alargadas y planas menor resistencia y por ende mayor riesgo de agrietamiento de la mezcla de concreto.

Ferreira, A. (2014) afirma que límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, determinado por este procedimiento, en el cual el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

Ferreira, A. (2014) determina que la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Es un procedimiento que se puede utilizar para lograr una correlación rápida en campo. Este mide el contenido de arcillas en la fracción pasante del tamiz No.4. El contenido de arcillas puede ocasionar problemas de adherencia y la formación de deformaciones permanentes. A menor valor, menor contenido de arena.

Ferreira, A. (2014) describe el procedimiento para determinar, por lavado, la cantidad de material fino que pasa por el tamiz de 75 μm (No.200) en un agregado. Este determina la cantidad de partículas inferiores a 0.075mm ya que estas son de menor diámetro de las partículas de cemento y al encontrarse como recubrimiento superficial de los agregados interfieren en la adherencia del agregado o aíslan la partícula de cemento. A mayor valor mayor contaminación y mayor demanda de cemento.

Ferreira, A. (2014) describe el procedimiento para la determinación de gravedades específicas bulk y aparente 23/23 °C (73.4/73.4°F), así como la absorción de agregados finos. Mide la porosidad superficial o saturable del agregado. Este permite hacer las correcciones necesarias en la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcla. Cuanto más poroso sea menos resistencia mecánica.

Ferreira, A. (2014) establece que su alterabilidad, reactividad y durabilidad. Obteniendo como resultado la proporción de elementos blandos (margas, esquistos) o inestables susceptibles de oxidación, hidratación, carbonatación o reactividad arido-alkali.

Acosta, J. (2005) ostenta en su investigación que cuando menor es el coeficiente de forma del agregado grueso, el hormigón tiene menor consistencia, que aquel concreto fabricado con agregados gruesos con mayor coeficiente de forma. así mismo afirma que a coeficientes de formas aproximadas y texturas diferentes, en las muestras de piedras basálticas trituradas con textura rugosa y Canto rodado con textura lisa, el concreto fabricado con canto rodado tiene una mayor consistencia, lo que nos indica la influencia de la textura en la consistencia.

(Scanferla y LJ, 2010) Sostienen que la forma y la textura superficial de las partículas de un agregado repercuten en las propiedades del concreto fresco más que las del concreto endurecido. Las partículas con textura áspera, angulares o elongadas requieren más agua para producir un concreto trabajable que agregados lisos, redondeados y compactos.

Además, las partículas de agregado angulares requieren más cemento para mantener la misma relación agua-cemento. Sin embargo, con la granulometría satisfactoria, tanto los agregados triturados como los no triturados (de un mismo tipo de roca), generalmente, producen concretos con la misma resistencia, si se mantiene el contenido de cemento.

Alvarado, J. (2015) 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. Es por ello recomienda que todos los datos deben tomarse con cautela y no dar por hecho que todos los materiales que presentan las mismas formas se comportarán igual.

Arellano Marketing (2015): El 65% de la autoconstrucción de las viviendas de Lima no cuenta con licencia.

Capeco (2017): Autoconstruir puede costar hasta un 40% más.

Arellano Marketing (2015): Sólo el 6% de la autoconstrucción en Lima consulta a un profesional.

2.1.2 Tesis relacionadas a la investigación

e) Nacionales

Arce, R. y Yañez, T (2013) analizan que la calidad de agregados del río Guayacondo para la elaboración de concreto, para este fin se tomaron muestras, una de agregado fino y otra de grueso, luego fueron llevadas a los laboratorios donde se practicaron los ensayos respectivos para determinar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas.

Las conclusiones a las que llegaron fueron las siguientes:

El ensayo de compresión a rotura de $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ (a los 28 días); el resultado del laboratorio fue lo siguiente $f'c = 283.32\text{ kg/cm}^2$

El ensayo de compresión a rotura de $f'c = 300\text{kg/cm}^2$ (a los 28 días); el resultado del laboratorio fue lo siguiente $f'c = 302.16\text{ kg/cm}^2$.

Con los datos proporcionados por los ensayos de laboratorio se determinó que los agregados de esta cantera son recomendables para fabricar concreto con cemento Portland, ya que cumple con los límites y requisitos que establecen las normas.

Arapa, P. (2018) En la investigación se conoció los valores de las propiedades físico mecánicas de los agregados de cuatro canteras (Cantera Yocará, Cantera Piedra azul, Cantera Isla y Cantera Unocolla), y su influencia en la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, lo que nos traza un objetivo de evaluar propiedades antes mencionadas, el procedimiento a toda esta investigación, consistió en extraer muestras de agregado fino y grueso de las cuatro canteras en estudio, para luego realizar ensayos en el Laboratorio de Construcciones, obteniéndose los siguientes resultados: Para la Cantera Yocará, la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días es de 156.26 Kg/cm^2 , a los 14 días es de 188.16 Kg/cm^2 , a los 28 días 232.14 Kg/cm^2 . Para la Cantera Piedra Azul, la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días es de 156.44 Kg/cm^2 , a los 14 días es de 190.46 Kg/cm^2 , a los 28 días 241.01 Kg/cm^2 . Para la Cantera Isla, la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días es de 159.44 Kg/cm^2 , a los 14 días es de 186.34 Kg/cm^2 , a los 28 días 226.49 Kg/cm^2 . Para la Cantera Unocolla, la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días es de 140.21 Kg/cm^2 , a los 14 días es de 173.68 Kg/cm^2 , a los 28 días 212.24 Kg/cm^2 .

Estos resultados se corroboran con las especificaciones técnicas correspondientes, llegando a determinar que los agregados evaluados cumplen en su mayoría con las propiedades físicas y mecánicas para el diseño de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Contreras, W. (2014) mide la influencia de la forma y textura del agregado grueso de la Cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto, tomando los dos perfiles de agregado grueso más conocidos y utilizados en el distrito de Jaén, el primero es la piedra chancada de forma

irregular y textura áspera y el otro la grava de río de forma redondeada y textura lisa, que muchas veces son reemplazados uno por el otro sin hacer ajustes en los diseños de mezclas, desconociendo los cambios que producen en las propiedades del concreto.

Para demostrar dicha repercusión, se realizaron dos diseños de mezcla para concretos de $f'c = 175$ y 210 Kg/cm^2 , con propiedades de la piedra chancada. Cada tanda de mezcla se hizo para tres testigos de concreto más una prueba slump y las proporciones se consideraron iguales para ambas formas de agregado, es decir: la misma relación agua/cemento, el mismo peso de arena de río, el mismo peso de agregado grueso y la misma granulometría. Los resultados de consistencias fueron plásticas para mezclas con piedra chancada y coincidieron con lo diseñado, pero las mezclas con grava redondeada arrojaron una consistencia fluida, diferenciándose de los asentamientos anteriores hasta en 3". En los resultados a compresión los especímenes con piedra chancada superaron la resistencia de los especímenes de grava redondeada en porcentajes que varían entre 8 y 16 % más. De esta manera quedó demostrado que tanto la forma como la textura de estos dos agregados influyen en gran medida en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto.

Marcelo, P. (2019) establece que las propiedades físicas mecánicas de los agregados extraídos de las canteras "Cochamarca y Sacra familia" y su influencia en la resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la provincia y región de Pasco. Para el cual se extrajo muestras representativas de agregados (Fina y Gruesa) de las canteras "Cochamarca y Sacra familia"; para luego ser ensayadas de acuerdo a las distintas normas de acuerdo al tipo de ensayo, obteniendo las propiedades físicas mecánicas de los agregados; las cuales fueron esenciales para el diseño de mezcla de una resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La diferencia de la resistencia a la compresión del concreto elaborado, en base a las características de los agregados de las canteras "Cochamarca" y "Sacra familia". Se evidencia que las propiedades físicas del agregado procedente

de las Canteras de Cochamarca, es mayor la eficiencia desarrollada en la resistencia a la compresión.

Ferrel, H. (2018) examinó las canteras. Primero, procedió a recolectar las muestras, con los pesos necesarios para realizar los ensayos, para llevarlos posteriormente al laboratorio. Acto seguido, con ellas en el laboratorio, se empezó con las pruebas para establecer las propiedades físicas (Granulometría de los agregados grueso y fino, contenido de humedad, peso específico, absorción, abrasión del agregado) y químicas (PH, sulfatos, sales solubles y cloruros). Una vez obtenidos los resultados de las propiedades físicas del agregado, se procedió a realizar tres diseños de mezcla utilizando los siguientes métodos: módulo de fineza, Walker y ACI; de los cuales, se optó por usar el del módulo de fineza para preparar los testigos que fueron sometidos a la prueba de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. En síntesis, el agregado de las canteras del sector de Pachachaca-Abancay utilizado en la elaboración del concreto de las obras civiles de Abancay aportan significativamente propiedades mecánicas al concreto; sin embargo, el agregado fino en estado natural no cumple con los límites máximos y mínimos establecidos por la norma.

Culma,A. (2017) declara que el concreto es una mezcla compuesta de materiales naturales y artificiales. Al mismo tiempo, depende de las propiedades físicas y químicas de los elementos tales como el cemento, agua y agregados pétreos. La trabajabilidad y resistencia del concreto viene dada directamente por las proporciones obtenidas en los diseños de mezclas, las cuales varían de acuerdo a las propiedades físicas de sus agregados. Un diseño adecuado de mezcla de concreto bajo cualquiera de las metodologías técnicas garantiza que los elementos estructurales a base de este material alcancen las resistencias esperadas bajo la demanda de cargas de la estructura. Es ahí donde radica su importancia en el diseño estructural. De acuerdo con lo anterior, este documento en formato de cartilla tiene como objetivo socializar a la comunidad de Tocancipá, la metodología de Walker para el diseño de mezclas de concreto con

resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa, empleando, los agregados del punto de acopio Rodeb en Sopó, Cundinamarca.

Diaz, J. (2019) utilizó dos relaciones agua/cemento, una de las relaciones contiene una proporción de agregado fino y grueso (canto rodado) y otra relación agua/cemento de tres proporciones distintas de agregados fino y grueso, haciendo en total cuatro diferentes diseños. Se realizaron 120 probetas de hormigón de las cuales 60 se ensayaron a compresión y 60 a tracción. El tipo de investigación fue aplicada, de enfoque mixto ya que es cuantitativo y cualitativo, de nivel descriptivo, detallándose el comportamiento del hormigón con las distintas proporciones de agregados y relaciones de agua/cemento. Además, el diseño de la investigación es experimental-prospectivo y longitudinal, en tanto se manipula la variable independiente, es decir la dosificación de la mezcla, y se registran nuevos datos a medida que se realizan los ensayos y se evalúan datos en diferentes momentos. De acuerdo a los resultados de los diseños de mezcla de hormigón, se obtuvo con una relación de $a/c = 0.50$ y la proporción de agregados de 50% de agregado fino y 50% de agregado grueso, mejores resultados a una edad de curado a los 28 días, ya que presenta resultados óptimos en los ensayos de resistencia a la compresión, lo cual demuestra que el porcentaje del agregado canto rodado mejora la proporción en el diseño de mezcla hormigón

f) Internacionales

Fookes, P. (2015) muestra que las gradaciones del agregado esta es quizás la característica general más importante del agregado. La gradación y el tamaño máximo de los agregados afectan las proporciones relativas de fino a grueso, así como los requisitos de cemento y agua, trabajabilidad, porosidad y contracción del concreto. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad del concreto de un lote a otro. En general, los agregados que no tienen una gran deficiencia o exceso de

cualquier tamaño y dan una curva de calificación suave, producen los resultados más satisfactorios porque se obtiene la densidad máxima, es decir, vacíos mínimos

Prasada, R. y Harish, O (2013) revelan que las gradaciones de los agregados, ya sean agregados gruesos o agregados finos, que no cumplen con las especificaciones tienen una amplia gama de impactos en varias propiedades del concreto, dependiendo de una serie de factores. El impacto en las propiedades del concreto va desde la nada. Significativo en ciertas propiedades como resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, densidad y otros a significativos en otras propiedades seleccionadas tales como resistencia a la tracción y permeabilidad a los iones cloruro entre otros. El impacto específico de una gradación del agregado fallida no solo depende de si los agregados fallan en el grosor o en el lado más fino de la gradación, pero también en la medida de la falla fuera de los límites de gradación aceptables. Además, el impacto de una gradación fallida en el concreto es muy exclusiva de las propiedades específicas del concreto. Además, que el fracaso de la gradación de agregados gruesos de particular importancia es la observación de que incluso cuando las gradaciones de los agregados varían dentro de los límites especificados permitidos de las graduaciones, algunas propiedades del concreto tales como resistencia a la tracción la permeabilidad del ion cloruro se ve afectada significativamente, mientras que otras propiedades del concreto tales como la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad no están influenciados.

Estrada, H. y Paez, A. (2014) evaluaron la influencia de la morfología de los agregados pétreos más comunes en la ciudad de Coatzacoalcos Veracruz en las características del concreto en estado fresco y en estado endurecido.

En función de esto, se realizaron ensayos comparativos entre el concreto con agregados redondeados (graba normal) y concreto con agregado triturado (piedra caliza), para lo cual se realizaron 108 especímenes cilíndricos de concreto de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, curados

por inmersión hasta la fecha de prueba; conservando la relación a/c para los diferentes diseños que se realizaron, y el tamaño máximo de los agregados de 3/4", para un $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$ cabeceo con azufre y método ACI. El cemento utilizado corresponde a un cemento Pórtland extra 30R.

Las pruebas destructivas a los especímenes fueron: compresión, $f'c$, con el cual se obtuvo la carga de ruptura, en base a los resultados obtenidos de las pruebas se demostró que la mezcla de agregado triturado produjo una mayor resistencia a la compresión; en cambio, la mezcla de agregados redondeados, arrojó bajos resultados de resistencia a la compresión. Es de resaltar que existen variables en los agregados que no están incluidas en el diseño de las mezclas, y que podrían afectar en gran medida las propiedades mecánicas del concreto. Una de ellas, la morfología.

Calderon, E. (2015) muestra las propiedades físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de los materiales provenientes del río Chanchan, obtenidas a través de los diferentes ensayos de laboratorio. Así mismo, se encontrarán los diseños de hormigón utilizando los métodos ACI y O'Reilly y los análisis de precios unitarios para determinar la conveniencia económica de los dos métodos. Tiene como objetivo presentar dos diseños de hormigón para asegurar resistencia, funcionalidad, durabilidad y economía, esto es, resistencias a la compresión de 210 y 280 Kg/cm^2 , a través de los métodos ACI y O'Reilly, utilizando agregados pétreos tipo canto rodado, provenientes del río Chanchan.

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

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

Fookes, P. (2015) revela que la gravedad específica de un agregado es la relación entre su peso y el peso de un volumen igual de agua. Se utiliza en ciertos cálculos para el diseño y control de mezclas, como el volumen absoluto ocupado por el agregado. La mayoría de los agregados de peso normal en uso común tienen gravedad específica que varía entre 2.4 y 2.9 gr/cm³. En los cálculos concretos, generalmente se utiliza la gravedad específica de los agregados secos de superficie saturada. En esta condición, se considera que todos los poros de cada partícula del agregado están llenos de humedad, pero sin exceso de humedad en la superficie de la partícula, es decir, seco en superficie saturada.

Fookes, P. (2015) expone que la resistencia y la elasticidad del agregado dependen de su composición, textura y estructura, por lo que una resistencia baja puede deberse a la debilidad de los granos constituyentes o los granos pueden ser fuertes, pero no lo suficientemente bien unidos o cementados entre sí. En algunos casos, las etapas tempranas de la meteorización pueden haber debilitado la buena adherencia original o el cemento de los granos originalmente fuertes. Aunque la resistencia inadecuada del agregado representa un caso limitante, las otras propiedades de los agregados tienen cierta influencia sobre la resistencia del concreto. Si se hace una comparación de concretos con diferentes agregados se puede ver que la influencia del agregado sobre la resistencia del concreto es cualitativamente cualquiera que sea la proporción de la mezcla, y la misma, independientemente de si el concreto es probado en compresión o en tensión. Es probable que esta influencia del tipo de agregado en la resistencia del concreto se deba no solo a la resistencia mecánica del

agregado, sino también en gran medida a sus características de absorción y adhesión con la pasta de cemento. El módulo de elasticidad del agregado afecta la magnitud de la deformación y la contracción que puede realizar el concreto.

Abdullahi, M. (2012) muestra que el tipo agregado tiene efecto sobre la resistencia a la compresión del concreto normal. La mayor resistencia a la compresión se logró a partir del concreto que contiene cuarcita triturada, seguido por el concreto que contiene grava del río. El concreto que contiene granito triturado muestra el menor desarrollo de resistencia en todas las edades. El modelo polinomial lineal en función de la edad en el curado es adecuado para tener en cuenta la variabilidad en los datos de resistencia a la compresión. Se sugiere que el agregado de cuarcita triturada se puede emplear para trabajos de concreto en lugares donde los profesionales del concreto tienen una variedad de opciones disponibles.

Fernández, M. (2005) 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.

Bracamonte, R.(2013) manifiesta que la necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer a detalle sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades físicas y químicas de ellos. Este trabajo tiene como objetivo estudiar la variabilidad de las características físico-mecánicas de los agregados que se producen en la formación geológica Tolviejo (Sucre) y definir un marco de comportamiento (confiabilidad estadística) entre variables físico-mecánicas de estos agregados y su influencia en las características del concreto que se produce en el departamento de Sucre. Este estudio muestra que existen relaciones significativas entre las propiedades físico mecánicas de los agregados gruesos y la resistencia de los concretos. La resistencia a

compresión del concreto (CSc) y la resistencia a compresión de la roca CSr se presentan en las Tabla 1 y 2. La CSc generalmente aumenta con el aumento de la CSr

Iberico, J. (2019) estima que la influencia del agregado grueso según su formación geológica en las propiedades mecánicas del concreto de la zona este de Lima. Tomando tres tipos de agregados como son Tonalita Hornblendita (TH), Tonalita Cuarcífera (TC) y Andesita (A), estas fueron extraídas en forma de probetas con diamantina para luego ser sometidas a resistencia de compresión uniaxial y tracción indirecta. Para demostrar dicha influencia se realizaron diseños de mezcla patrón para $f'c = 210, 300$ y 400 kg/cm^2 , determinando las propiedades físicas de los agregados gruesos de cantera Unicon y agregado fino de la cantera Lima I. Cada tanda de mezcla se hizo para 9 briquetas más una prueba de Asentamiento. Las proporciones de cada diseño se consideraron igual para los tres tipos de agregado gruesos. Los resultados de las propiedades físicas de los tres tipos de agregados TC y TH no estaban bien gradadas, tenían exceso de partículas en el tamiz 3/8" y A esta dentro de los límites de huso 67, así también se ha determinado que el agregado grueso tipo TC tiene menor peso específico y mayor contenido de humedad de 2.64 gr/cm^3 y 3.48% . En las propiedades mecánicas de las rocas se determinó que tiene una influencia promedio de 7.94% en los tres tipos de rocas en relación de la resistencia a tracción indirecta y resistencia a compresión uniaxial. Conociendo estas propiedades mencionadas líneas anteriores se determinó la resistencia a compresión uniaxial y tracción indirecta del concreto donde se puede concluir, que mientras más sea el $f'c$, mayor intervención tiene los agregados gruesos RCU ($f'c = 210, 300$ y 400 kg/cm^2) su influencia del agregado grueso TC en el concreto ($10.71, 17.44$ y 19.88%) y para RTI se tiene una influencia ($13.37, 14.57$ y 16.94%)

Ramirez F. & Leon, P. (2014) Efecto de la forma de los agregados en las propiedades del concreto fresco: La forma de las partículas afecta la trabajabilidad y colocación del concreto en estado fresco. El requerimiento

de pasta de cemento de la mezcla de concreto está asociado a la superficie específica de los agregados. Las partículas con una superficie específica menor como las de forma cúbica o redondeada requieren menos pasta de cemento para alcanzar la misma trabajabilidad que una mezcla de concreto producida con agregados de mayor superficie específica como aquellos que contienen partículas elongadas y aplanadas. Adicionalmente, las partículas aplanadas, alargadas, angulares y rugosas al acomodarse tienen un alto contenido de vacíos, que hacen que la mezcla requiera de más arena para proporcionar un concreto manejable. Cuando esto sucede, la finura de la mezcla de agregados es mayor, es decir que tiene una superficie específica mayor, y por ende el requerimiento de pasta incrementa. Además de tener un efecto directo sobre la trabajabilidad de la mezcla, las partículas aplanadas, alargadas, angulares y rugosas producen mezclas que dificultan el acabado superficial del concreto, así como su compactación. Aunque la textura superficial afecta la trabajabilidad, su influencia no es tan representativa como la que tiene la gradación y la forma de los agregados. La demanda de agua en una mezcla de concreto también está influenciada por la forma y textura de los agregados. Una demanda mayor de agua para obtener una trabajabilidad dada, reduce la resistencia y aumenta la exudación del concreto.

Ramirez, F. y Leon, P. (2014) Efecto de la forma de los agregados en las propiedades del concreto endurecido: La forma y la textura de los agregados además de afectar significativamente la trabajabilidad del concreto en estado fresco, tienen un efecto en la resistencia y la durabilidad de concreto endurecido. La textura afecta la adherencia entre las partículas gruesas y la matriz de mortero reflejándose en la variación de la resistencia. Las partículas rugosas tienden a generar mayores resistencias que las partículas lisas, especialmente la resistencia a la flexión. Sin embargo, las partículas rugosas incrementan la demanda de agua para una trabajabilidad dada reduciendo de esta forma la resistencia y la durabilidad.

La durabilidad está asociada a un contenido bajo de agua, por esta razón los agregados angulares, aplanados y alargados afectan negativamente la durabilidad del concreto ya que incrementan la demanda de agua. En el caso de concretos usados en pavimentos, las partículas aplanadas ubicadas cerca de la superficie impiden la exudación de agua del mortero ubicado bajo la partícula, causando deterioro de la superficie y por lo tanto disminución de la durabilidad del mismo.

Estableció que la forma y la textura de los agregados tienen un efecto directo en la resistencia influenciando las concentraciones de esfuerzo en el material compuesto y el grado de micro fisuras y fisuras antes y después de la falla encontraron además que la forma y la textura de los agregados afectan la forma de la curva esfuerzo -deformación del concreto ya que la morfología de los agregados influencia la generación de micro fisuras en la zona de transición. La influencia de la forma de los agregados en la resistencia del concreto es controversial. A pesar de que se ha observado que concretos fabricados con agregados con diferentes formas y un contenido de cemento dado pueden alcanzar niveles de resistencia similares, algunos autores aseguran que los concretos producidos con agregados de forma redondeada y cúbica tienden a producir mayores resistencias que agregados alargados y aplanados.

Por lo expuesto anteriormente, existen diferentes especificaciones que limitan el contenido de partículas alargadas o aplanadas en agregados usados en la producción de concreto. Por ejemplo, las normativas españolas del concreto especifican que el porcentaje en peso de partículas aplanadas debe ser menor al 35% del peso total del concreto. La norma británica estipula que este porcentaje debe ser menor a 40 %.

Las especificaciones del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá establecen que el porcentaje máximo de partículas alargadas y aplanadas debe ser del 15% al 20% dependiendo del tipo de tráfico.

Ferreira, A. (2014) describe la forma de medir la resistencia a la abrasión y durabilidad de una muestra de agregado grueso. El ensayo MicroDeval, en agregados gruesos, es una medida de la resistencia a la abrasión y durabilidad de agregados pétreos que han sido sometidos a la acción combinada de abrasión y molienda con bolas de acero en presencia de agua. La muestra con graduación normalizada es inicialmente sumergida en agua por no menos de una hora. La muestra es entonces colocada en un recipiente de acero con 2.0 litros de agua y una carga abrasiva consistente en 5000 g de bolas de acero de 9.5 mm de diámetro. El recipiente, agregado, agua y carga se rotan a 100 rpm por 2 horas. La muestra luego es lavada y secada en horno. La pérdida es la cantidad de material que pasa el tamiz de 1.18 mm (No 16), expresada como porcentaje de la masa original de la muestra

Ozturan, R. y Cecen, P.(1997) manifiesta que en concretos fabricados con agregados triturados resistieron más que los de canto rodado; el esfuerzo de compresión a los 28 días para los concretos hechos con agregados gruesos de grava redonda estuvo entre el 10 y 20 % más bajos que los concretos preparados con agregados triturados. Lo anterior puede ser atribuido tanto a la superficie lisa de los agregados de canto rodado, como a su posible menor resistencia, en relación a los agregados triturados, que fueron de basalto y caliza.

Indecity, (2018) en su artículo indica: La informalidad en cuanto a la Autoconstrucción de viviendas en el Perú nos ha llevado a la reflexión, de acuerdo con el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (Cismid), en las zonas periféricas de las ciudades, el nivel de informalidad en la construcción puede alcanzar el 90% incluso.

En el Perú se construyen decenas de miles de viviendas informales al año, pese a que, es un país proclive a sufrir fenómenos naturales. Esto significa que, ante un eventual sismo de gran escala o un huaico (avalancha de agua,

lodo y piedras), son mayoritarias las viviendas que correrían el riesgo de desplomarse o dañarse severamente.

Varios criterios diferencian una vivienda informal de una formal. El primero y más básico es el factor legal: poseer un título de propiedad y una licencia de construcción. Esta última, otorgada por la municipalidad, da al propietario la confianza de que su edificación se va a establecer en un suelo seguro y con los planos técnicos correspondientes. Asimismo, durante las fases de diseño y construcción, se necesita contar con profesionales específicos bajo supervisión municipal.

La inseguridad a la que se expone una vivienda informal es preocupante, especialmente cuando no se tiene en consideración un aspecto determinante: los suelos. “Si no se toma esto en consideración, se podría estar construyendo en lugares donde las ondas sísmicas se amplifican”, advierte Miguel Estrada, director del Cismid. Y llama la atención sobre algunos efectos colaterales de un terremoto en edificaciones informales: desplome de estructuras débiles y no funcionales; fuga de agua, cuya humedad afecta los materiales estructurales; y cortocircuitos que se convierten en incendios.

Adicionalmente existen riesgos asociados a cimientos defectuosos sobre terrenos blandos, a construcción sobre rellenos sanitarios y a edificaciones que se asientan en zonas de alto riesgo no mitigable, es decir, donde no hay posibilidad de contener un desastre natural, por ejemplo, un desborde del río o un huaico.

Estrada, R. y Paez, L. (2013) manifiesta en su investigación concluye que los agregados redondeados, que son los más baratos y con mayor disponibilidad, obtuvieron bajas resistencias que el agregado triturado. Afirmó que esto no significa que el agregado redondeado sea de baja calidad, puesto que los especímenes elaborados con este agregado alcanzaron su resistencia óptima; pero el agregado triturado superó dichos resultados de resistencia en 200 Kg/cm² y 250 Kg/cm², siendo la misma

relación agua/cemento para el primer diseño en ambos casos de agregados (grava y grava triturada) y; así mismo, dos relaciones de agua/cemento diferente en los diseños de 250 Kg/cm² y 300 Kg/cm².

2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.2.1 Agregado grueso

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037 o ASTM C 33. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼”.

- **Gravas**

Comúnmente llamados “canto rodado”, es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la desintegración natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural. Cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en formas más o menos redondeadas. Las gravas pesan de 1600 a 1700 kg/m³.

- **Piedra partida o chancada**

Se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente. Su función principal es dar volumen y apoyar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda. El peso de la piedra chancada se estima en 1450 a 1500 kg/m³.

g) Propiedades del agregado grueso

- Según su origen

Shetty, M. 2005, Casi todos los agregados naturales provienen de rocas de lecho. Hay tres tipos de rocas, ígneas, sedimentarias y metamórficas. Estas clasificaciones se basan en el modo de formación de las rocas. Cabe recordar que las rocas ígneas están formadas por el enfriamiento de magma fundido o lava en la superficie de la cresta o en lo profundo debajo de la cresta. Las rocas sedimentarias se forman originalmente debajo del lecho marino y posteriormente levantado. Las rocas metamórficas son originalmente rocas ígneas o sedimentarias que posteriormente se metamorfosea debido al calor y la presión. La fabricación de concreto las propiedades del agregado están influenciadas en cierta medida sobre la base de la formación geológica de las rocas progenitoras junto con los procesos posteriores de meteorización y alteración. (p 67)

a) Agregados de rocas ígneas

Shetty, M. (2005) La mayoría de las rocas ígneas producen agregados de concreto altamente satisfactorios porque son normalmente dura y densa. Las rocas ígneas tienen una estructura masiva, totalmente cristalina o totalmente vítreo o en combinación, dependiendo de la velocidad a la que se enfría durante la formación. Pueden ser ácidos o básicos dependiendo del porcentaje de sílice. Pueden aparecer de color claro u oscuro. Las rocas ígneas como clase son la mayoría de los agregados de concreto químicamente activos y muestran una tendencia a reaccionar con los álcalis en cemento. (p. 68)

Como la roca ígnea es más extendido del tipo de rocas en la faz de la tierra, la mayor parte de los agregados de concreto, que se derivan, son de origen ígneo son todos los agregados provenientes de rocas ígneas, generalmente, este tipo de rocas son conocidas también como originales, endógenas o magmáticas. Se pueden clasificar en:

- Intrusivas, abisales o plutónicas.
- Filonianas o hipoabisales.
- Extrusivas, efusivas o volcánicas.



Figura N° 1: Clasificación de rocas ígneas (intrusivas, filoninas o extrusiva

Fuente: Revista de construcción 360

Nota: La mayor parte de la corteza terrestre está formada por rocas ígneas y las demás proceden de ellas, por lo que se les llama rocas originales, endógenas o magmáticas por proceder del magma. En la tabla 1 se presenta la clasificación de las rocas ígneas según la velocidad de solidificación del magma y el lugar de la corteza terrestre donde ocurre esta consolidación.

Tabla N° 1: Clasificación de las rocas ígneas según su velocidad y localización

Denominación	Velocidad de solidificación	Localización
Intrusivas, abisales o plutónicas	Lenta	Consolidadas a gran profundidad
Filonianas o hipoabisales	Media	Consolidadas a profundidad media
Extrusivas, efusivas o volcánicas	Rápida	Consolidación cerca o sobre la superficie (por alguna erupción)

Fuente: Concreto simple Ing. Gerardo A. Rivera l.

De acuerdo a la velocidad de enfriamiento del magma, se obtiene una textura dada, la cual incide en la capacidad de adherencia del material. A baja velocidad de enfriamiento, los granos o cristales son grandes, a velocidad alta son pequeños y si el enfriamiento es instantáneo quedan las partículas porosas (piedra pómez debida a la erupción de un volcán).

b) Agregados de rocas sedimentarias

Shetty, M. (2005), Las rocas ígneas o metamórficas están sujetas a agentes meteorológicos como el sol, lluvia y viento estas agencias de meteorización se descomponen, fragmentan, transportan y depositan las partículas de roca, muy por debajo del lecho oceánico, donde son cementadas juntas por algunos de los materiales de cementación. Los materiales de cementación pueden ser carbonosos, silíceos o arcilloso en la naturaleza. Al mismo tiempo se somete el material depositado y cementado a la presión estática del agua y se convierte en capa compacta de roca sedimentaria. La deposición, cementación y consolidación se realiza capa por capa debajo del fondo del océano. Estas formaciones rocosas sedimentarias posteriormente se levantan y se convierten en continente. Las calidades de los agregados derivados de rocas sedimentarias varían en calidad dependiendo del material de cementación y la presión bajo la cual estos las rocas son originalmente compactadas. (p 68)

Son los agregados provenientes de rocas sedimentarias, las cuales son las de mayor abundancia en la superficie terrestre. Este tipo de rocas está formado por fragmentos de rocas ígneas, metamórficas u otras sedimentarias. Se pueden originar por descomposición y desintegración o por precipitación o deposición química.



Figura N° 2: Clasificación de agregados sedimentarios formados por rocas ígneas

Fuente: Revista de construcción 360

Son las más abundantes en la superficie terrestre (75%); está formadas por fragmentos de rocas ígneas, metamórficas u otras sedimentarias. Su origen puede darse por dos procesos: por descomposición y desintegración de las rocas mencionadas, en un proceso de erosión, transporte, depositación y consolidación; o por precipitación o depositación química (carbonatos). Los agentes que transportan y depositan se describen en la tabla 2.

Estos agentes arrastran los materiales dándoles forma y tamaño característicos a los depósitos, dichos factores contribuyen en la calidad del material a usarse en las mezclas. Por el tamaño de las partículas y de acuerdo al grado de consolidación del depósito se pueden clasificar según la tabla 3.

Tabla N° 2: Clasificación de rocas sedimentarias según el agente geológico externo

Agente	Transporte	Depósito
Agua	Río Lago Mar	Depósitos aluviales de canto rodado, grava, arcilla, limo, etc. Depósitos lacustres de estratos horizontales. Depósitos marinos que dependen de vientos y mareas.
Hielo	Glaciar	Mezcla de toda clase de materiales y tamaños por su sistema de formación.
Aire	Viento	Dunas o barbajanes (Arena), Loess (Limo)

Fuente: Revista de construcción 360

Tabla N° 3: Clasificación de los depósitos de rocas sedimentarias.

Depósito inconsolidado	Tamaño de las partículas mm.	Depósito consolidado de rocas.
Cantos	256 – 64	Conglomerado muy grueso.
Gravas	64 – 5	Conglomerado.
Arenas	5 – 0,074	Arenisca.
Limos	0,074 – 0,002	Limolitas
Arcillas	< 0,002	Arcillolitas o argelitas. (Según compactación).

Fuente: Revista de construcción 360

c) Agregados de rocas metamórficas

Seth, M. (2005), Tanto las rocas ígneas como las sedimentarias pueden estar sometidas a altas temperaturas y presión que causa metamorfismo que cambia la estructura y textura de las rocas. Las rocas metamórficas muestran estructura foliada. El grosor de esta foliación puede variar de

unos pocos centímetros a muchos metros. Si el grosor de esta foliación es menor, entonces el agregado individual puede exhibir una foliación que no es una característica deseable en conjunto. (p. 68)

Son todos los agregados provenientes de rocas metamórficas, que a su vez provienen de ígneas y sedimentarias, las cuales experimentan grandes presiones y altas temperaturas generadas en los mismos metamorfismos de contacto o metamorfismo regional o dinámico.

Metamorfismo de contacto:

Debido a la intrusión del magma y al calor aportado por éste, la formación de la roca es originada por transformación iónica y porque se presenta una fluidez que permite modificar sin fragmentar los cristales que se alargan y adelgazan.

Metamorfismo regional o dinámico:

Se denomina regional porque generalmente ocupa grandes extensiones y se presenta a gran profundidad en condiciones de altas presiones de confinamiento, combinadas con reacciones químicas que originan una reagrupación molecular para conformar una roca más densa en su estructura. Según el grado de metamorfismo, se obtienen estructuras foliadas (esquistadas) o masivas, las cuales inciden en la forma, tamaño y textura de las partículas del agregado.



Figura N° 3: Clasificación de los depósitos de rocas sedimentarias.

Fuente: Revista de construcción 360

- Según su Fragmentación

Dependiendo del tipo de fragmentación que tienen, los agregados se pueden clasificar en:

- Agregados naturales: son los agregados fragmentados por procesos naturales como la erosión.
- Agregados manufacturados: son todos los agregados fragmentados con procesos mecánicos.
- Agregados mixtos: son una combinación de agregados fragmentados de forma natural y de forma artificial.

2.2.2 Agregados minerales

Los agregados minerales generalmente ocupan alrededor del 70 a 80 % del volumen del concreto, debido a ello tienen una gran influencia en sus propiedades. Ellos son materiales granulares, que provienen la mayor parte de veces de roca

natural, roca chancada o grava natural y arena. Aunque no son los únicos materiales usados como agregados, ellos son los de mayor uso.

Adicionalmente a su uso como material de relleno, los agregados generalmente se usan para mejorar la estabilidad dimensional y la resistencia al desgaste. La influencia que los agregados pueden tener en las propiedades físicas y mecánicas del concreto se detallará a continuación. Aquí discutiremos la influencia de las propiedades de los agregados en el concreto; en la resistencia a la compresión y la velocidad de pulsos de ultrasonido.

Los agregados, generalmente, no son clasificados de acuerdo con su composición mineralógica, más bien se clasifican con un sistema más simple y útil basado en su gravedad específica. Bajo el sistema antes mencionado los agregados son clasificados como ligeros, normales y pesados. Este capítulo está dedicado a los agregados normales (de gravedad específica normal), esto debido a que con ellos se elabora casi la totalidad del concreto en nuestro país.

Los agregados que tienden a fracturarse fácilmente a lo largo de planos específicos pueden disminuir la resistencia a la compresión y la velocidad de pulsos de ultrasonido, pues el tiempo de tránsito de los pulsos será mayor en ellos. Debido a ello es mejor evitar el uso de agregados que contienen una proporción significativa de partículas débiles y friables o si es posible retirar estas partículas.

Los agregados también deberían estar libres de impurezas tales como: arcillas, limos o materia orgánica. Si estas impurezas recubren la superficie de los agregados, ellas interferirán con la adherencia cemento - agregado. Los limos, las arcillas y otros materiales finos también incrementaran el requerimiento de agua en el concreto, más si se trata de materia orgánica, esta interferirá con la hidratación del cemento.

2.2.3 Agregados artificiales

Por lo general, los agregados artificiales se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como: arcillas expandidas, escorias de alto horno,

Clinker, limaduras de hierro y otros, comúnmente estos son de mayor o menor densidad que los agregados corrientes.

Actualmente se están utilizando concretos ligeros o ultraligeros, formados con algunos tipos de áridos los cuales deben presentar ciertas propiedades como son: forma de los granos compacta, redondeada con la superficie bien cerrada, ninguna reacción perjudicial con la pasta de cemento ni con el refuerzo, invariabilidad de volumen, suficiente resistencia a los fenómenos climatológicos; además deben de tener una densidad lo menor posible, con una rigidez y una resistencia propia suficientemente elevada y ser de calidad permanente y uniforme.

Los agregados ligeros más utilizados son los producidos con arcilla y pizarra expandida (incluyendo la arcilla pizarrosa y la pizarra arcillosa). Es de anotar que se han desarrollado con bastante éxito agregados ligeros en Alemania (con arcilla y pizarra), y España (con arcilla expandida conocida comercialmente como ARLITA).

Estos agregados ligeros poseen características tales como: baja densidad, aislante, resistente, no tóxico e incombustible. Es utilizado en la fabricación de hormigón ligero estructural; aislamiento de cubiertas, suelos y terrazas; rellenos ligeros aislantes y resistentes y prefabricados (desde el bloque más ligero hasta el panel más grande).

La pequeña densidad aparente de los granos se debe siempre a su gran porosidad (hasta un 50% de su volumen y más). La constitución porosa de cada uno de los granos se consigue mediante un tratamiento a altas temperaturas (en general 1100°C o mayores, según la temperatura de sinterización del material - Sinterizar: Conglomerar o soldar metales pulverulentos sin alcanzar la temperatura de fusión). La inclusión del aire se efectúa generalmente por:

- a) Formación de gases de determinados componentes de la materia prima o de aditivos mezclados. Una parte de los gases originados quedan encerrados en la masa viscosa y la expanden.

- b) Mezcla de materia prima reblandecida o ya fundida con agua o vapor. El vapor encerrado o un gas formado en esta mezcla, origina al enfriarse, una estructura celular.
- c) Combustión de componentes de la materia prima.

- Según su tamaño

Shetty, M. (2005) El mayor tamaño máximo de agregado posible para manejar bajo un conjunto dado de se deben utilizar condiciones. Quizás, el tamaño de 80 mm es el tamaño máximo que podría ser convenientemente utilizado para la fabricación de concreto. Usar el tamaño máximo más grande posible resultará en reducción del contenido de cemento, reducción del requerimiento de agua y reducción del secado contracción. Sin embargo, el tamaño máximo del agregado que se puede usar en cualquier condición dada puede estar limitado por las siguientes condiciones como espesor de la sección, separación del refuerzo, cubierta transparente y técnicas de mezcla, manipulación y colocación.

Neville, A. (1999) menciona lo siguiente: Desde el punto de vista de su tamaño, los agregados se dividen en dos grupos: los agregados finos y los agregados gruesos. Los primeros consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partículas que van desde 5 mm hasta mayores de 60 μ m; los segundos son aquellos cuyas partículas son mayores a 5 mm y hasta 125 mm.

- Según su forma

La forma del agregado afecta la trabajabilidad del concreto debido a las diferencias en el área de superficie causadas por diferentes formas. Se requiere una pasta suficiente para recubrir el agregado para proporcionar lubricación. Las formas típicas de los agregados se muestran en la Figura 3. Entre estos, las formas esféricas, cúbicas e irregulares son buenas para la aplicación en concreto porque pueden beneficiar la

resistencia. Los agregados planos, en forma de aguja y prismáticos tienen una capacidad de carga débil y se rompen fácilmente. Además, la relación superficie / volumen de un agregado esférico es la más pequeña.

Maerz y Zhou, (1999) Las mediciones de la forma de los agregados para el concreto, han sido ampliamente realizadas por medio de métodos manuales con el uso de calibradores de alargamiento y aplanamiento. Esas medidas no sólo son demoradas, sino que también son altamente subjetivas. Debido a su ineficiencia y costo, estas mediciones tienden a no ser suficientemente representativas para obtener un resultado estadísticamente válido. Existen tecnologías como el procesamiento de imágenes que podrían incrementar la exactitud y la eficiencia de estas mediciones, las cuales están siendo actualmente desarrolladas para medir la forma de los agregados de manera que puedan ser implementadas para su uso común.

La forma más generalizada de clasificar los agregados es según su tamaño, el cual varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros de sección; esta distribución del tamaño de las partículas, es lo que se conoce con el nombre de Granulometría.

De acuerdo con la clasificación unificada, los suelos se dividen en suelos finos (material de tamaño inferior a 0,074 mm o 75 μ m-tamiz No. 200) y suelos gruesos (material de tamaño superior o igual a 0,074 mm o 75 μ m-tamiz No. 200); para la elaboración de mezclas de mortero o de concreto se emplean los suelos gruesos y se limita el contenido de suelo fino.

La fracción fina de los suelos gruesos, cuyas partículas tienen un tamaño inferior a 4,76 mm (tamiz N°4) y no menor de 0,074 mm (tamiz N°200), es lo que comúnmente se denomina agregado fino; y la fracción gruesa, o sea aquellas partículas que tienen un tamaño superior a 4,76 mm (tamiz N°4), es lo que normalmente se llama agregado grueso.

- Grava: Agregado grueso de tamaño máximo mayor o igual a 20 mm.
- Gravilla: Agregado grueso de tamaño máximo menor a 20 mm. La grava y la gravilla son resultantes de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados.
- Arena: Agregado fino resultante de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados.
- Grava triturada o triturado: Agregado grueso resultante de la trituración artificial de la roca.
- Arena manufacturada o arena triturada: Agregado fino resultante de la trituración artificial de la roca, piedra o escoria (residuo mineral de hierro).
- Escoria de alto horno: Producto no metálico, constituido esencialmente por silicatos y aluminosilicatos de calcio y de otras bases, que se produce en forma líquida o fluida simultáneamente con el hierro en un alto horno.

Una clasificación más específica es la que aparece en la tabla No. 2.6 donde se muestra los nombres más usuales de las fracciones y su aptitud para morteros o concretos según el tamaño de sus partículas.

Tabla N° 4: Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas.

Tamaño en mm	Denominación más común	Clasificación	Uso como agregado de mezclas
< 0,002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
0,002 – 0,074	Limo	Fracción fina	No recomendable
0,074 – 4,76 #200 - #4	Arena	Agregado fino	Material apto para mortero o concreto
4,76 – 19,1 #4 – ¾”	Gravilla		Material apto para concreto
19,1 – 50,8 ¾” – 2”	Grava		Material apto para concreto
50,8 – 152,4 2” – 6”	Piedra	Agregado grueso	
> 152,4 6”	Rajón, Piedra bola		Concreto ciclópeo

Fuente: Revista 360 construcción

- Efecto de la forma de los agregados en el concreto

Andersen, T y Johansen, G. (1991): Las características de los agregados tienen un efecto significativo en el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido. Las principales características de los agregados que afectan las propiedades del concreto son forma y textura, gradación, absorción, mineralogía, resistencia y módulo de elasticidad, tamaño máximo, gravedad específica, resistencia al ataque de sulfatos y dureza. En la medida en que se determine la influencia de cada una de estas propiedades en el comportamiento del concreto, será posible realizar diseños de mezclas más económicos. Para lograr una mezcla de concreto óptima se requieren entre otras condiciones que la compacidad de la mezcla de agregados sea la máxima posible con una trabajabilidad adecuada de forma que se minimice la cantidad de pasta de

cemento requerida para la pega de los agregados. Igualmente se requiere que sus componentes satisfagan características que permitan que la mezcla de concreto sea durable y cumpla con los requisitos de trabajabilidad y resistencia establecidos durante el diseño. La estimación de la compacidad de una mezcla granular es un problema fundamental para el manejo y conocimiento del concreto y depende de 3 parámetros fundamentales: tamaño y distribución de los granos, forma de los granos (morfología y textura) y método de compactación de la mezcla de concreto.

Hudson, (1998): A mayor contenido de vacíos el concreto requiere más pasta de cemento. Se ha encontrado que el requerimiento de pasta de cemento se reduce alrededor de 4% a 5% cuando se utiliza agregado cúbico en vez de agregado alargado y aplanado. Así mismo, como la forma de las partículas afecta la compacidad de la mezcla de agregado, esta tiene una alta incidencia en la demanda de pasta de cemento y por lo tanto en los costos del concreto, y afecta también la trabajabilidad y las propiedades mecánicas concreto. La forma y textura de los agregados afectan la masa unitaria compacta y por lo tanto juegan un papel importante en el desempeño del mortero y del concreto en estado fresco y puede afectar indirectamente su resistencia al afectar la colocación y compactación del concreto.

- Efecto de la forma de los agregados en las propiedades del concreto fresco

Reinaldo, S. (2015): La forma de las partículas afecta la trabajabilidad y colocación del concreto en estado fresco. El requerimiento de pasta de cemento de la mezcla de concreto está asociado a la superficie específica de los agregados. Las partículas con una superficie específica menor como las de forma cúbica o redondeada requieren

menos pasta de cemento para alcanzar la misma trabajabilidad que una mezcla de concreto producida con agregados de mayor superficie específica como aquellos que contienen partículas elongadas y aplanadas.

Adicionalmente, las partículas aplanadas, alargadas, angulares y rugosas al acomodarse tienen un alto contenido de vacíos, que hacen que la mezcla requiera de más arena para proporcionar un concreto manejable. Cuando esto sucede, la finura de la mezcla de agregados es mayor, es decir que tiene una superficie específica mayor, y por ende el requerimiento de pasta incrementa.

Además de tener un efecto directo sobre la trabajabilidad de la mezcla, las partículas aplanadas, alargadas, angulares y rugosas producen mezclas que dificultan el acabado superficial del concreto, así como su compactación. Aunque la textura superficial afecta la trabajabilidad, su influencia no es tan representativa como la que tiene la gradación y la forma de los agregados. La demanda de agua en una mezcla de concreto también está influenciada por la forma y textura de los agregados. Una demanda mayor de agua para obtener una trabajabilidad dada, reduce la resistencia y aumenta la exudación del concreto.

La forma de los agregados tiene incidencia sobre la trabajabilidad del concreto fresco. Las formas básicas de éstos se pueden simplificar en 4 tipos, que son: equidimensional o esférica, prismática, tabular o elíptica, e irregular. De todas éstas, la que mayor problema puede ocasionar para la trabajabilidad es aquella de tipo tabular que además está alargada (conocidas como piezas planas y alargadas); estas piezas pueden provocar disminución en la trabajabilidad ya que muy fácilmente pueden orientarse de manera preferencial en un solo plano, de manera que el agua y el espacio poroso pueden acumularse debajo de ellas. Además, gravas con esta forma ocasionan mayores requerimientos de arena, y eso hace necesario un incremento en el volumen de agua para la mezcla (Uribe 1991). Es

deseable, entonces, que los agregados particularmente los gruesos tengan una forma un tanto angular y cúbica.

- Efecto de la forma de los agregados en las propiedades del concreto endurecido

Ramírez, F. (2010) La forma y la textura de los agregados además de afectar significativamente la trabajabilidad del concreto en estado fresco, tienen un efecto en la resistencia y la durabilidad de concreto endurecido. La textura afecta la adherencia entre las partículas gruesas y la matriz de mortero reflejándose en la variación de la resistencia. Las partículas rugosas tienden a generar mayores resistencias que las partículas lisas, especialmente la resistencia a la flexión. Sin embargo, las partículas rugosas incrementan la demanda de agua para una trabajabilidad dada reduciendo de esta forma la resistencia y la durabilidad.

La durabilidad está asociada a un contenido bajo de agua, por esta razón los agregados angulares, aplanados y alargados afectan negativamente la durabilidad del concreto ya que incrementan la demanda de agua. En el caso de concretos usados en pavimentos, las partículas aplanadas ubicadas cerca de la superficie impiden la exudación de agua del mortero ubicado bajo la partícula, causando deterioro de la superficie y por lo tanto disminución de la durabilidad del mismo.

Ramírez, F. (2010) Estableció que la forma y la textura de los agregados tienen un efecto directo en la resistencia influenciando las concentraciones de esfuerzo en el material compuesto y el grado de micro fisuras y fisuras antes y después de la falla. Mehta y Monteiro (1993) encontraron además que la forma y la textura de los agregados afectan la forma de la curva esfuerzo -deformación del concreto ya que la morfología de los agregados influencia la generación de micro fisuras en la zona de transición. La influencia

de la forma de los agregados en la resistencia del concreto es controversial.

Ramírez, F. (2010) A pesar de que se ha observado que concretos fabricados con agregados con diferentes formas y un contenido de cemento dado pueden alcanzar niveles de resistencia similares, algunos autores aseguran que los concretos producidos con agregados de forma redondeada y cúbica tienden a producir mayores resistencias que agregados alargados y aplanados.

Por lo expuesto anteriormente, existen diferentes especificaciones que limitan el contenido de partículas alargadas o aplanadas en agregados usados en la producción de concreto. Por ejemplo, las normativas españolas del concreto especifican que el porcentaje en peso de partículas aplanadas debe ser menor al 35% del peso total del concreto. La norma británica estipula que este porcentaje debe ser menor a 40 %.

- Según su textura

La textura de la superficie de los agregados se puede clasificar en 6 grupos: vidrioso, liso, granular, rugoso, cristalino y alveolar. La textura superficial de los agregados tiene una influencia significativa sobre la fluidez del concreto fresco y la unión entre el agregado y la pasta de cemento del concreto endurecido. Según las estadísticas experimentales, los efectos relativos de la forma y la textura de la superficie de los agregados sobre la resistencia del concreto.

La presencia de partículas alargadas o aplanadas puede afectar la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad de las mezclas, porque tienden a orientarse en un solo plano lo cual dificulta la manejabilidad; además debajo de las partículas se forman huecos de aire y se acumula agua perjudicando las propiedades de la mezcla endurecida.

Por otro lado, la textura superficial de las partículas del agregado influye en la manejabilidad y la adherencia entre la pasta y el agregado, por lo tanto, afecta la resistencia (en especial la resistencia a la flexión).

La norma NTC 174, (INV E-230), limita la cantidad total de partículas alargadas y aplanadas presentes en el agregado a máximo 50%, sin embargo, el ICPC (Instituto Colombiano de Productores de Cemento) recomienda que la cantidad total de estas partículas no debe ser mayor al 15%.

Partícula Larga: Es aquella cuya relación entre la longitud y el ancho es mayor de 1,5.

Partícula Plana: Es aquella cuya relación entre el espesor y el ancho es menor de 0,5.

Tabla N° 5: Clasificación de las partículas del agregado según su forma.

Forma	Descripción	Ejemplo
Redondeadas	Totalmente desgastada por el agua o completamente limada por frotamiento.	Grava de río o playa, arena del desierto, playa.
Irregular	Irregularidad natural, o parcialmente limitada por frotamiento y con orillas redondeadas	Otras gravas, pedernales del suelo o de excavación.
Escamosa	Material en el cual él es pequeño en relación a las otras dos dimensiones	Roca laminada.
Angular	Posee orillas bien definidas que se forman en la intersección de caras más o menos planas.	Rocas trituradas de todo tipo, escoria triturada
Alongadas	Material normalmente angular en el cual la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones	

Fuente: Revista 360 construcción

La clasificación de las partículas del agregado según su textura superficial se basa en el grado en que la superficie de una partícula es pulida o mate, suave o áspera; es preciso describir el tipo de aspereza. La textura depende de la dureza, el tamaño del grano y las características porosas de la roca original (las rocas densas, duras y de grano fino generalmente tienen superficies con fracturas suaves), así como del grado en que las fuerzas que actúan sobre la superficie de la partícula han modificado sus características.

Tabla N° 6: Clasificación de las partículas del agregado según su textura superficial

Textura	Características	Ejemplo
Vítrea	Fractura concoidal	Pedernal negro, escoria vítrea
Lisa	Desgastada por el agua, o liso debido a la fractura de roca laminada o de grano	Gravas, pizarras, mármol, algunas reolitas
Granular	Fractura que muestra granos más o menos uniformemente redondeados	Arenisca
Áspera	Fractura áspera de roca con granos finos o medianos que contienen constituyentes cristalinos no fácilmente visibles.	Basalto, felsita, pórfido, caliza
Cristalina	Contiene constituyentes cristalinos fácilmente visibles	Granito, Gabro, Gneis.
Apanalada	Contiene constituyentes cristalinos fácilmente visibles	Pómez, escoria espumosa, arcilla expandida.

Fuente: Revista 360 construcción

- Según su color

Es una de las clasificaciones más fáciles de utilizar ya que solo considera el color del material para hacer una diferenciación, sin embargo, también es uno de los métodos que menos información proporciona acerca del material y del desempeño que puede tener en la mezcla de concreto.

- Según su densidad

Depende de la cantidad de masa por unidad de volumen y del volumen de los poros, ya sean agregados naturales o artificiales. Esta distinción es necesaria porque afecta la densidad del concreto (ligero, normal o pesado) que se desea producir, como lo indica la tabla 7.

Tabla N° 7: Clasificación de los agregados según su masa unitaria

Tipo de concreto	Masa unitaria aprox. Del ccto. Kg/m³	Masa unitaria del agregado kg/m³	Ejemplo de utilización	Ejemplo de agregado
Ultraligero	500 – 800		Concreto para aislamiento.	Piedra pómez Ag. Ultraligero
Ligero	950 – 1350 1450 – 1950	480 – 1040	Rellenos y mampostería no estruct. Ccto. Estructural	Perlita Ag. Ultraligero .
Normal	2250 – 2450	1300 – 1600	Ccto. Estruct. Y no estruct.	Agregado de río o triturado.
Pesado	3000 – 5600	3400 – 7500	Ccto. Para proteger de radiación gamma o X, y contrapesos	Hematita, barita, corindón, magnetita.

Fuente: Revista 360 construcción

- Según su porosidad

Según Alexander, M. y Mindess, S. (2005) los minerales densos tienen una porosidad medible y pueden absorber agua. La porosidad, es el volumen interno de los poros como proporción del volumen total de un sólido.

- Según su absorción

Se denomina absorción del agregado grueso cuando tiene todos sus poros saturados pero la superficie del mismo está seca. Es en esta condición como se hacen los cálculos de dosificación para elaborar concreto. La absorción del agregado grueso se determina de acuerdo con la norma ASTM C 127 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla. A continuación, se presenta la expresión que se utiliza para calcular el porcentaje de absorción al igual como hemos aplicado anteriormente con el agregado fino.

$$\text{PORCENTAJE DE ABSORCION (a \%)} = \frac{(B - A)}{A} \quad (1)$$

Seth, M. (2005). La Porosidad y absorción de áridos afectará la relación agua / cemento, por lo tanto, la trabajabilidad del concreto. La porosidad del agregado también afectará la durabilidad del concreto cuando este se someta a congelación y la descongelación y también cuando el concreto se somete a líquidos químicamente agresivos. El agregado absorbe agua en concreto y por lo tanto afecta la trabajabilidad y volumen final de concreto. (p. 78)

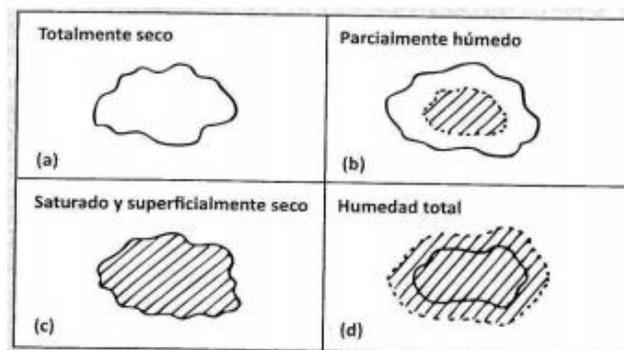


Figura N° 4: Estados de saturación del agregado.

Fuente: Niño, 2010

Ezeldin, P y Aitcin, S. (1991) menciona lo siguiente: Algunas otras importantes propiedades físicas de los agregados son: la forma y textura de las partículas, la porosidad, la absorción, la densidad, la adherencia, la resistencia, etc. También es de suma importancia la granulometría de los agregados, y el tamaño máximo del agregado (para la grava), tanto en el comportamiento del concreto en estado plástico, como en su estado endurecido.

La resistencia del agregado no es usualmente el principal factor que afecte la resistencia del concreto normal, porque la partícula del agregado suele ser mucho más fuerte que la matriz y la zona de transición.

Otras características del agregado, distintas a la resistencia, tales como tamaño, forma, textura de superficie y mineralogía también pueden afectar la resistencia del concreto en grados.

Barret, C. (1980). La forma, la angularidad o redondez, y la textura superficial son tres conceptos relacionados con el análisis morfológico que representan las variaciones geométricas espaciales en diferentes escalas dimensionales. La forma representa la variación espacial en la escala de dimensión grande, la angularidad o redondez representa la variación en la escala de dimensión media, y la textura superficial representa la variación en la dimensión pequeña

- Según su contenido de humedad

Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). es una característica importante que se debe de tomar en cuenta porque altera la cantidad de agua en el concreto y nos permite efectuar las correcciones necesarias en el proporcionamiento de las mezclas de diseño. La norma, establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado grueso, los agregados se presentan en los

siguientes estados: seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporcionamiento de los componentes del concreto, se considera al agregado en condiciones de saturado y superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

La Norma NTP 400.012, ASTM C-136 definen la determinación del Contenido de Humedad del Agregado Grueso, lo mismo que en el agregado fino (Normas NTP 339.185, ASTM C-566)

$$\%C. H \text{ del A. grueso} = \frac{(\text{Peso Humedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} \times 100 \quad (2)$$

- Según su Módulo de fineza

Es un concepto teórico determinado en un índice que refleja el tamaño de las partículas del agregado grueso, el módulo de fineza conforme a la norma NTP 400.011 es la sumatoria de los porcentajes retenidos de la malla 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100. El módulo de finura del agregado grueso es útil en las mezclas de concreto y se obtiene, conforme a la norma NTP 400.011

$$\text{Modulo de Finura} = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado (malla serie standard)}}{100} \quad (3)$$

- Según su Módulo de elasticidad

Según Shetty, M. (2005) El módulo de elasticidad del agregado depende de su composición, textura y estructura. El módulo de elasticidad del agregado influirá en las propiedades del concreto con respecto a encogimiento y comportamiento elástico y en muy pequeña extensión de concreto.

- Según su peso específico

El peso específico está dado por la relación del peso de las partículas del agregado grueso, al peso de un volumen igual de agua. El peso específico es un indicador de calidad, cuando se tiene valores altos estamos frente a materiales de buena calidad; pero cuando el valor es bajo nos indica que los agregados son absorbentes y de mal comportamiento, ameritando realizar pruebas adicionales a fin de determinar el uso de dichos materiales.

Agregados normales con peso específico entre 2.5 a 2.7, tienen resistencias en compresión del orden de 750 a 1,200 kg/cm². Los agregados ligeros con peso específico entre 1.6 a 2.5 usualmente manifiestan resistencias de 200 a 750 kg/cm². La resistencia del agregado condiciona en gran medida la resistencia del concreto, por lo que es fundamental el evaluarla directa o indirectamente cuando se desea optimizar la calidad de los concretos (Pasquel, 1998).

De acuerdo a Rivva (2000), la norma ASTM C 128 considera tres tipos de expresión del peso específico:

- Peso específico de masa; el cual es definido por la Norma ASTM E 12, como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.
- Peso específico de masa saturado superficialmente seco; el cual es definido como el mismo que el peso específico de masa, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables.
- Peso específico aparente; el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen

unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

En las determinaciones del peso sólido y el volumen absoluto, así como en la selección de las proporciones de la mezcla, se utiliza el peso específico de masa.

Las características de los agregados se determinan por las siguientes formulas:

$$\text{Peso específico masa} = \frac{A}{(B - C)} \quad (4)$$

$$\text{Peso específico masa} = \frac{A}{(A - C)} \quad (5)$$

$$\text{Peso específico masa} = \frac{B}{(B - C)} \quad (6)$$

Peso específico en gr/cm³

Donde:

A: Peso de la muestra seca, en gramos.

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS), en gramos.

C: Peso de la muestra sumergida en agua, en gramos.

La clasificación por peso específico es determinada a través del peso unitario de los agregados, dependiendo de esta característica se tienen:

- Agregados ligeros.
- Agregados normales.
- Agregados pesados.
- Agregados reciclados

Los agregados reciclados tienen su origen principal en las demoliciones y varían dependiendo de la estructura de la cual provengan (nueva construcción, reforma o demolición) y de factores como función para la cual fue diseñada la estructura original, edad de la estructura, zona donde fue construida, entre otros.

Se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Agregados reciclados limpios: son los que están compuestos por un solo elemento en su mayoría (aproximadamente 95%) y además tienen un porcentaje de impurezas muy bajo (alrededor del 5%).
 - Agregados reciclados sucios: son todos aquellos agregados que tienen valores fuera de los rangos que se encuentran establecidos.
- Según su peso unitario suelto y compactado

El peso unitario del agregado grueso, al igual que el agregado fino, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, expresado en Kg/m³. Es una característica importante del concreto, porque es el índice de propiedades que a su vez influyen decisivamente en el empleo que se le da. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1 500 y 1 700 Kg/m³.

La norma NTP 400.017 reconoce dos grados: suelto y compactado.

Peso unitario suelto: Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un contenedor de diámetro y profundidad prescritos que depende del tamaño máximo del agregado hasta que desborde y después es nivelado haciendo rodar una varilla por encima. Luego se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a} \quad (7)$$

$$PUS=f \times W_s \quad (8)$$

Peso unitario compactado: Cuando el contenedor se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen 25 veces con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro. Luego se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a} \quad (9)$$

$$PUS=f \times W_c \quad (10)$$

Se utiliza siempre para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto. También se utiliza para determinar la relación masa / volumen para conversiones en acuerdos de

compra donde se desconoce la relación entre el grado de compactación del agregado en una unidad de transporte o depósito de almacenamiento (que usualmente contienen humedad superficial absorbida) y los llevados a cabo por este ensayo que determina el peso unitario seco. (MTC E 203-2016)

Alatorre, J y Uribe, R. (1998) menciona lo siguiente: De acuerdo a su peso específico, los agregados se dividen en ligero, normal y pesado; estas diferencias los hacen aptos para producir concreto con cierta variedad en el peso unitario, el cual es una característica básica del material

- Según su Gravedad específica

Shetty, M. (2005), En la tecnología del concreto, la gravedad específica de los agregados se utiliza en los cálculos de mezclas de concreto. Con la gravedad específica de cada constituyente conocido, su peso se puede convertir en volumen sólido y por lo tanto un rendimiento teórico de concreto por unidad de volumen se puede calcular. La gravedad específica del agregado también se requiere para calcular la compactación, factor en relación con las medidas de trabajabilidad. Del mismo modo, la gravedad específica del agregado se debe tener en cuenta cuando se trata de concreto liviano y pesado. La gravedad específica promedio de las rocas varía de 2.6 a 2.8 gr/cm³. (p. 78)

- Según su dureza

Propiedad que depende de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia del agregado. En la elaboración de concretos sometidos a elevadas tasas de desgaste por roce o abrasión, como aplicaciones en pavimentos o revestimientos de canales, la dureza del agregado grueso es una propiedad decisiva para la selección de los materiales. (Niño, 2000).

- Según su Resistencia a la Abrasión

La Norma NTP 400.019 define la resistencia que los agregados gruesos oponen a sufrir desgaste, rotura o desintegración de partículas por efecto de la abrasión, es una característica que suele considerarse como índice de calidad en general, y en particular para producir concretos durables en condiciones de servicio donde intervienen acciones deteriorantes de carácter abrasivo.

La prueba de los ángeles (Abrasión) según norma NTP 400.019; cuantifica la pérdida por desgaste de los agregados, la cantidad de finos que se originan como resultado de someter un conjunto de partículas de grava, a los efectos combinados del impacto y la abrasión producidos por una carga esferas de metálicas dentro de un cilindro giratorio, al cabo de un número de revoluciones. Agregados con altos valores de desgaste a la abrasión (> 50 %) producen concretos con características resistentes inadecuadas en la mayoría de casos (Pasquel, 1998).

$$\% \text{ Desgaste} = 100 \times \left(\frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \right) \quad (11)$$

- Según su Solidez

Shetty, M. (2005) La solidez se refiere a la capacidad del agregado para resistir cambios excesivos en el volumen como un resultado de cambios en las condiciones físicas. Estas condiciones físicas que afectan la solidez de agregados son la congelación y descongelación, la variación de la temperatura, la humectación alternativa y secado en condiciones normales y humectación y secado en agua salada. Agregados que son Porosos, débiles y que contienen cualquier materia extraña indeseable sufren un volumen

excesivo. Cambio cuando se somete a las condiciones anteriores.
(p. 85)

Los agregados que se someten a más de la cantidad especificada de cambio de volumen se dice que son agregados poco sólidos. Si el concreto es susceptible de estar expuesto a la acción de las heladas, el agregado grueso y fino que se va a utilizar debe someterse a prueba de solidez.

- Según su Resistencia

El agregado grueso, en mayor medida que el fino, va a resultar relacionado con el comportamiento de las resistencias del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. En tal sentido, una de las posibilidades de ruptura de la masa es por medio del agregado grueso (las otras son por la pasta y por la interface de contacto entre pasta y agregado). De esta manera, la resistencia de los agregados cobra importancia y se debe buscar que éste nunca falle antes que la pasta de cemento endurezca. La falla a través del agregado grueso se produce bien sea porque tiene una estructura pobre entre los granos que constituyen las partículas o porque previamente se les han inducido fallas a sus partículas durante el proceso de explotación (especialmente cuando éste se hace por voladura) o por un inadecuado proceso de trituración. (Niño, 2000).

- Según su Tenacidad

Es una propiedad que depende de la roca de origen y se debe tener en cuenta ya que tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, porque si estos son débiles ante las cargas de impacto, se puede alterar su granulometría y también disminuir la calidad del concreto que con ellos se elabore. (Niño, 2000).

- Según su Adherencia

Es la interacción que existe en la zona de contacto agregado pasta, la cual es producida por fuerzas de origen físico-químico. Entre más adherencia se logre entre la pasta de cemento endurecida y los agregados, mayor será la resistencia del concreto. La adherencia depende de la calidad de la pasta de cemento y, en gran medida, del tamaño, forma, rigidez y textura de las partículas del agregado, especialmente cuando se trata de resistencia a flexión. Hoy en día, no se conoce ningún método que permita medir la buena o mala adherencia de los agregados, pero es claro que aumenta con la rugosidad superficial de las partículas. (Niño, 2000).

2.2.4 Concreto

h) Propiedades del concreto fresco

- Trabajabilidad

Se define a la trabajabilidad como a la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto; y luego éste puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad. (Rivva, 2000)

- Consistencia

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

- Prueba de revenimiento (ASTM C 143-78): El molde para la prueba de revenimiento es un cono truncado de 305 mm. (12") de altura, La base de 203mm. (8") y la abertura superior de un diámetro de 102 mm. (4") que se le coloca sobre una superficie plana. El recipiente se llena con concreto en tres capas, cada una de ellas apisonada 25 veces con una varilla de acero

estándar de 16 mm. (5/8") de diámetro redondeada en el extremo. En la superficie superior se va eliminando lo que excede haciendo rodar una varilla por encima. El molde debe quedar firmemente sujeto a su base durante toda la operación; esto se facilita colocando unas abrazaderas soldadas. Inmediatamente después del llenado se levanta el cono con suavidad y el concreto se desploma, de ahí el nombre de la prueba. La disminución de la altura en el centro del concreto desplomado se denomina revenimiento y se mide hasta lo más alto cercano a 5mm (1/4"). Para reducir la influencia de la variación en la fricción superficial, en el interior del molde y su base deben estar húmedos al comienzo de cada prueba, y antes de levantar el molde, el área que le rodea debe estar limpia, libre del concreto que pueda haber caído accidentalmente. Si en vez de desplomarse uniformemente en todo el rededor, como en un verdadero desplome, la mitad del cono se desliza en un plano inclinado, se dice que ocurre un revenimiento cortante y la prueba debe repetirse. Si persiste el revenimiento cortante, como puede ser el caso con mezclas ásperas, será una señal de falta de cohesión de la mezcla.

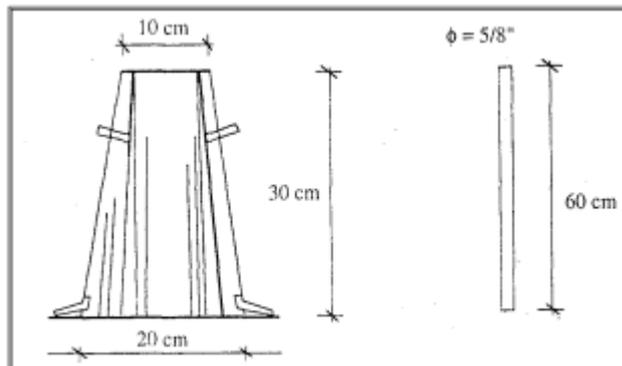


Figura N° 5:Equipo tronco de cono y barra de acero liso y punta semiesférica

Fuente: Abanto, 1997

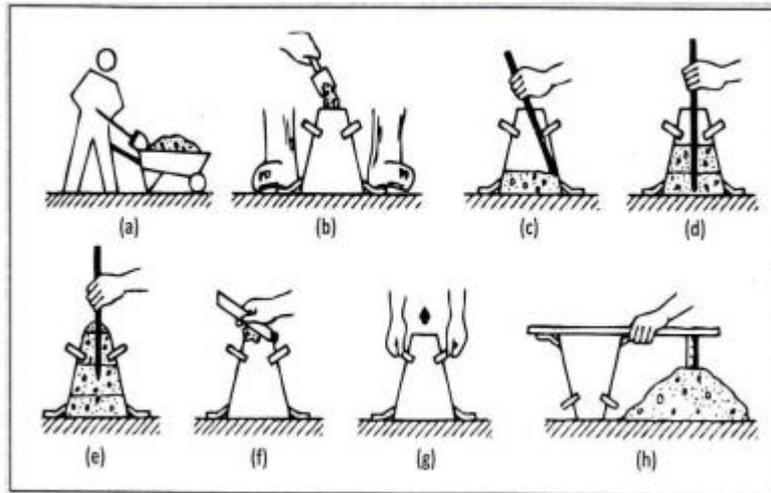


Figura N° 6:Ensayo de asentamiento

Fuente: Niño, 2000

Tabla N° 8:Consistencia de mezcla de concreto

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	muy trabajable	Chuseado

Fuente: Abanto, 1997

- Exudación

Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la

temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.

- Segregación

Se define como la separación de los materiales que constituyen una mezcla heterogénea (como es el concreto), de manera que su distribución deje de ser uniforme por falta de cohesión. Entre las causas inherentes al concreto, que puede producir segregación, se encuentra la diferencia en tamaño de partículas y su distribución granulométrica, así como la densidad de los constituyentes y su proporción dentro de la mezcla. (Sánchez de Guzmán, 2001)

- Tiempo de fraguado

El tiempo de fraguado del concreto no es usualmente afectado por el agregado. Sin embargo, la presencia en la superficie de éste de sales solubles o materia orgánica pueden afectar esta propiedad en la medida que ellas pueden actuar como acelerantes o retardadores de fragua. (Rivva, 2000).

- i) Propiedades del concreto endurecido

- Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39.

- Factores que afectan a la resistencia.

La resistencia del concreto depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar principalmente en términos de la relación agua/cemento en peso.

“La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto” (Pasquel, 1998).

Un factor indirecto, pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llega a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

j) Desarrollo de la resistencia a la compresión.

Para obtener un concreto de buena calidad, después del mezclado le sigue un curado adecuado durante las primeras etapas de su endurecimiento.

En la siguiente tabla se muestra la relación entre la resistencia del concreto a una determinada edad y su resistencia a los 28 días.

Tabla N° 9: Relación entre la resistencia a la compresión del concreto

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f'c(t)/f'c28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Fuente: Universidad Antenor Orrego (2015)

Donde:

$f'c(t)$: Resistencia a compresión en un periodo de tiempo

$f'c(28)$: Resistencia a compresión a los 28 días

Funciones de agregado grueso en el concreto

Según Rivva, L, (2005) las tres funciones principales del agregado en el concreto son: Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta unidad de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de unidad cubica de concreto; Proporcionar partículas capaces de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de interperismo, que puedan actuar sobre el concreto y reducir los cambios de volúmenes resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado; o del calentamiento de la pasta.

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Componentes del agregado

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

Agregado denominado hormigón: Material compuesto de grava y arena empleado en su forma natural de extracción. (Norma E.060 del RNE 2014)

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

Agregado grueso: Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas. (Norma E.060 del RNE 2014)

Arena: Agregado fino, proveniente de la desintegración natural de las rocas. (Norma E.060 del RNE 2014)

Aire atrapado: Es el aire atrapado de manera natural en el concreto que puede incrementarse a consecuencia de una deficiente colocación o compactación. (Instituto del Concreto de 1997)

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

Calor de hidratación: Es la cantidad de calor liberado durante el proceso de hidratación, debido a reacciones fisicoquímicas Absalón y Salas, (2008):

Cantera: Lugar de donde se extrae piedra u otras materias primas de construcción. Absalón y Salas, (2008)

Cemento: Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua y el aire. (Norma E.060 del RNE 2014).

Consistencia: Habilidad del concreto fresco para fluir, es decir la capacidad de adquirir la forma de los encofrados que lo contienen. Instituto del Concreto, (1997)

Contenido de aire: Es la diferencia entre el volumen aparente de la mezcla y el resultante de la suma de los volúmenes absolutos de los componentes. Absalón y Salas, (2008)

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

Dosificación: Es la proporción en peso o en volumen de los distintos elementos integrantes de una mezcla. Absalón y Salas, (2008):

Durabilidad: Es la propiedad que tienen los morteros o concretos de resistir la acción continua de agentes destructivos con los cuales han de estar en contacto. Absalón y Salas, (2008):

Forma del agregado: Conjunto de líneas y superficies que determinan el contorno o el volumen del agregado. Absalón y Salas, (2008)

Grava: Agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de los materiales pétreos. Se encuentra comúnmente en canteras y lechos de ríos, depositados en forma natural. (Norma E.060 del RNE 2014).

Influencia: Efecto, consecuencia o cambio que produce una cosa en otra. Absalón y Salas, (2008):

Mezcla: Es la cantidad de concreto o mortero preparada de una sola vez. Absalón y Salas, (2008)

Mortero: Es la mezcla constituida por cemento, agregados predominantemente finos y agua. (Norma E.060 del RNE 2014).

Muestra: Es una porción representativa de un material. Absalón y Salas, (2008)

Pasta: Es una mezcla de cemento y agua. (Norma E.060 del RNE 2014) Piedra triturada o chancada: Agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. (Norma E.060 del RNE 2014).

Plasticidad: Es la condición del concreto o mortero fresco que le permite deformarse continuamente sin romperse. (Instituto del Concreto de 1997).

Porosidad: Es el cociente entre el volumen de los poros y el volumen aparente del cuerpo. Absalón y Salas, (2008):

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

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

Resistencia nominal: Resistencia de un elemento o una sección transversal calculada con las disposiciones e hipótesis del método de diseño. (Norma E.060 del RNE 2014).

Tamaño máximo nominal: Es la abertura del tamiz de malla menor a través del cual puede pasar como mínimo el 95% del agregado. Absalón y Salas, (2008):

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

Textura del agregado: Carácter que presenta la superficie de un agregado, lo que produce una sensación táctil o visual. Absalón y Salas, (2008)

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

El concreto: Según la norma E.060 del RNE (2014) el concreto es la mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Ordinariamente, la pasta de cemento y agua constituyen del 25 al 40% del volumen total del concreto. El volumen absoluto de cemento está comprendido usualmente entre el 7 y 15%, el agua del 14 al 21% y el agregado constituye aproximadamente del 60 al 80% del volumen total de éste. (Estrada y Páez 2014)

2.3.2 Componentes del concreto

- Cemento: Es un material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación. (Instituto del concreto,1997)
- Agua para Concreto Generalmente se hace referencia a su papel en cuanto la cantidad para proveer una relación agua/cemento acorde con las necesidades de trabajabilidad y resistencia, pero es evidente, que, para usarla en el lavado de agregados, en la preparación de la mezcla o durante el curado del concreto, no solamente su cantidad es importante, sino también su calidad química y física. (Alvarado 2010) El lavado de los agregados se deberá hacer con agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión. El agua empleada

en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable y, en caso de no serlo, debe ser agua limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que pueden ser dañinas al concreto o elementos embebidos. (Norma E.060 del RNE 2014)

- Agregados: Conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto. Según la norma E.060 del RNE (2014) el agregado grueso a utilizar en concretos armados podrá consistir de grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas. Riva, (2000):
- Clasificación de los agregados: La clasificación de los agregados para concreto, generalmente se hacen desde el punto de vista de su procedencia, tamaño y densidad. Sin embargo, también debería clasificarse según su forma y textura. (Alvarado 2010)
- Clasificación según su procedencia: Según Lezama (s.f.), los agregados según su procedencia se clasifican en: Agregados rodados (de origen natural y provenientes de las rocas sedimentarias), agregados de machaqueo (procedentes de rocas inalteradas, sanas, duras, compactas y se obtienen mediante trituración artificial), agregados artificiales (Provenientes de los residuos industriales y utilizados en la fabricación de concretos ligeros) y agregados 8 especiales (de origen natural o artificial, con mayor peso que los agregados normales y empleados en concretos expuestos a radiaciones atómicas).
- Clasificación según su tamaño. Los agregados para concreto, según su tamaño se clasifican en agregado fino y grueso, pero casi siempre los limos y arcillas se encuentran adheridos a ellos (Rivva, L. 2000). El Instituto del Concreto clasifica a los agregados naturales según su tamaño. El contenido de arcilla y limo en una mezcla de concreto, es un factor que se debe limitar porque cuando hay exceso de las mismas, hacen que sean mayores los requerimientos de agua y pueden restar adherencia entre el agregado grueso y la pasta de cemento.

- Clasificación según su densidad: Se puede clasificar tanto los agregados naturales como artificiales y se hace en tres diferentes categorías: Livianos, normales y pesados.
- Clasificación según su forma y textura: Las partículas de los agregados son cuerpos de tres dimensiones y es difícil describir la forma de las mismas, aunque se las puede clasificar en redondeadas o cantos rodados, a las que son generalmente procedentes de ríos en las que por rozamiento se eliminan las partes salientes de las mismas; y las angulosas que son las que presentan ángulos, aristas vivas y superficies más o menos planas, procedentes generalmente de trituraciones; planas o laminares en las que predominan dos dimensiones sobre la tercera y aciculares que son las que predomina una dimensión sobre las otras dos dando lugar a agregados en forma de agujas. (Fernández, S. 2005). Según Estrada y Páez (2014) los agregados naturales provienen de tres tipos de roca ígneas, sedimentarias y metamórficas, dependiendo de su procedencia, tienen unas características mineralógicas y petrográficas determinadas. Algunas propiedades indirectamente dependen del tipo de roca; una de estas es la forma de las partículas del agregado. Los agregados procedentes de piedras naturales sometidas a un proceso de trituración y clasificación tienen formas geométricas que varían desde las aproximadamente cúbicas o poliédricas, a las de esquirlas alargadas o astilladas, a las laminares aplanadas, o a las de forma de cascos. Mientras que los agregados de río o de depósitos (arrastres fluviales) tienen formas de cantos redondeados (cantos rodados), o aplanadas.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

Al analizar la forma, tamaño y textura del agregado grueso se mejoran las propiedades del concreto.

3.1.2 Hipótesis secundarias

- a) Al analizar la forma de los agregados gruesos se mejoran las proporciones de los agregados.
- b) Al analizar el tamaño de los agregados gruesos se mejora la consistencia del concreto.
- c) Al analizar la textura de los agregados gruesos se mejora la resistencia del concreto.

3.2 Variables

3.2.1 Definición conceptual de las variables

- Independiente: forma, textura y tamaño de los agregados gruesos.
- Dependiente: propiedades del concreto.

3.2.2 Operacionalización de las variables

	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Índices	Unidad de medida	Instrumento	Herramienta
forma, textura y tamaño de los agregados gruesos	El agregado grueso está constituido por grava natural o triturada, piedra partida, escorias de altos hornos o la combinación de todos estos; sus partículas deben ser limpias de preferencia angular o semiangular duras compactas, resistentes y una textura de preferencia rugosa. El material es retenido en el tamiz N°4(4.75mm) cumpliendo con las normas establecidas en la NTP 400.037.	El empleo de este elemento cemento portland HS, contribuye a la formación de una matriz de cemento con menor porosidad capilar, dando como resultado un incremento de la impermeabilidad del concreto; esto evita el ingreso de agentes externos como son los sulfatos y cloruros.	-	tamaño máximo nominal	-	Adim.	formato del	NTP 334.082
				peso unitario suelto			laboratorio	NTP 400.017
				peso unitario compactado				Norma E. 060
				peso específico				ASTM C-1157
				capacidad de absorción				
				contenido de humedad				
				abrasión				
				módulo de finura				

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Índices	Unidad de medida	Instrumento	Herramienta
Propiedades del concreto	Depende directamente de las características físicas y químicas del cemento, agua y agregados, por ello es importante usar agua potable, cemento y agregados adecuados	Se llama concreto fresco al material mientras permanece en estado fluido, desde el momento que se mezclan todos los componentes hasta el atiesamiento de la masa.	Fresco	Tiempo de fraguado del concreto	Trabajabilidad de la mezcla	Tiempo (h)	Tesis, cuadros y tablas relacionadas	Norma E. 060
		Tras el proceso de hidratación el concreto pasa del estado plástico a un estado rígido. Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia.	Endurecido	Resistencia del concreto	Compresión Tracción Flexión	kg/cm ²		ASTM 400.037, Fichas técnicas

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y nivel

4.1.1 Tipo de investigación

Tipo de investigación descriptiva y explicativa, porque se determinaremos la forma, tamaño y textura adecuada de los agregados gruesos para una mejorar las propiedades del concreto como la consistencia y la resistencia, por otro lado, será explicativa porque definiremos el mejor agregado grueso según su tipo.

4.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo ya que de recopilo y analizo datos y resultados de diferentes investigaciones, así como las definiciones básicas de los agregados gruesos para su mayor descripción.

4.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental, es decir nos basaremos en investigaciones pasadas, cuadros estadísticos y toma de muestras anteriores.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

Se consideraron tesis, revistas y artículos de diferentes autores, pero con el mismo objetivo, analizar la forma, tamaño y textura de los agregados gruesos para mejorar la resistencia del concreto. Así como la norma técnica peruana para establecer las especificaciones de los productos, procesos y servicios

4.3.2 Muestra

Se tomaron tesis que contenían entre 20 a 30 muestras para el análisis de las propiedades del concreto.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

La recolección de datos se hará por medio de ensayos normados, tanto para los agregados y para la resistencia del concreto endurecido, dichos ensayos se realizarán en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Ricardo Palma.

4.4.2 Procedimientos para la recolección de datos

Se recolectaron datos de ensayos de laboratorio que fueron experiencias de los investigadores que se tomaron como muestra para la presente investigación, en los cuales se hallaron la resistencia a la compresión, tracción y flexión del concreto.

Las herramientas que se utilizaron para el procesamiento de datos y su posterior análisis fueron el software de Microsoft Excel, con el cual se desarrollaron gráficos para mostrar la relación de las diferentes proporciones con las propiedades analizadas.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Diagnóstico y situación actual

Para conocer la influencia de las propiedades físicas de los agregados gruesos se procedió a recolectar muestras y resultados de diferentes investigaciones, ya sean tesis y artículos de investigación que evaluaron las características físicas procedentes de diferentes canteras del Perú, dándonos a conocer la influencia en las propiedades mecánicas del concreto (resistencia, durabilidad, trabajabilidad, adherencia y consistencia).

Estos resultados de la influencia de la forma, tamaño y textura de los agregados gruesos en las propiedades mecánicas del concreto son respaldados por los autores: Contreras, W. (2014), Marcelo, P. (2019), Ferrel, H. (2018), Culma, A. (2017), Álvarez, J. (2019) afirman que generalmente, los agregados redondeados tienen una textura lisa y los agregados angulares tienen una textura rugosa. De la misma manera, Fernández (2005), respalda esta posición al afirmar que son redondeados los agregados extraídos de ríos, y generalmente angulosos los obtenidos en el proceso de trituración. Estrada y Paéz (2014) llegaron a la misma conclusión.

5.2 Contrastación de resultados

5.2.1 Análisis de resultados mediante influencia según su forma

En las tablas 10, 11, 12, se aprecian los pesos unitarios sueltos, pesos unitarios compactados y pesos específicos de masa del agregado fino y del agregado grueso, respectivamente, además de los autores que nos dieron como resultado las cantidades mostradas, así como el tipo de agregado y su tamaño máximo nominal.

En las figuras 6, 7 y 8, se observan los resultados del peso unitario suelto, peso unitario compactado y el peso específico de masa, respectivamente. En todas las figuras se aprecia la ventaja en peso que tiene la grava redondeada respecto a la piedra chancada, dependiendo del tamaño de la piedra y el lugar de procedencia,

esta característica indica que los especímenes hechos a base de grava redondeada obtuvieron mayor peso y, se intuye que esta característica favoreció en cierta medida a la resistencia.

Tabla N° 10:Comparativo del peso unitario suelto según tipo de agregado

Autor	Tipo de agregado	Origen de la cantera	Peso unitario suelto (kg/m3)	
			Af	Ag
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	Cajamarca	1575	1587
Marcelo, P. (2019)	Redondeado 1"	Pasco	1708	1381
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 1 1/2"	Abancay	1560	1705
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	Abancay	1671	1435
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	Cajamarca	1575	1409
Álvarez, J. (2019)	Angular 3/4"	Jicamarca	1560	1587

Fuente: Elaboración propia

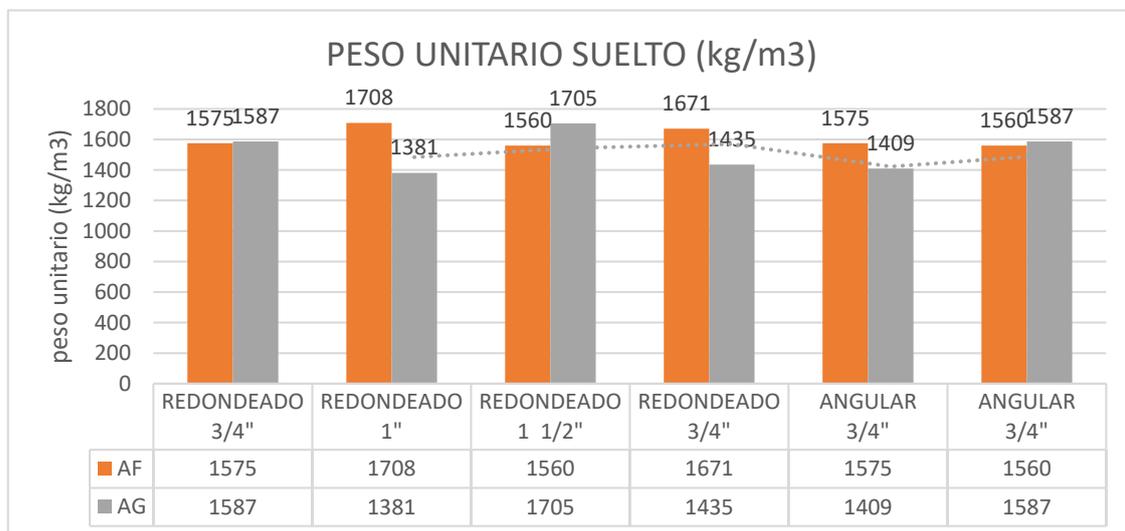


Figura N° 7:Variación de pesos unitarios sueltos según tipo de agregado y tamaño

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 11:Comparativo del peso unitario compactado según tipo de agregado

Autor	Tipo de agregado	Origen de la cantera	Peso unitario compactado (kg/cm ³)	
			Af	Ag
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	Cajamarca	1743	1713
Marcelo, P. (2019)	Redondeado 1"	Pasco	1932	1556
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 1 1/2"	Abancay	1656	1745
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	Abancay	1849	1561
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	Cajamarca	1743	1557
Álvarez, J. (2019)	Angular 3/4"	Jicamarca	1765	1660

Fuente: Elaboración propia

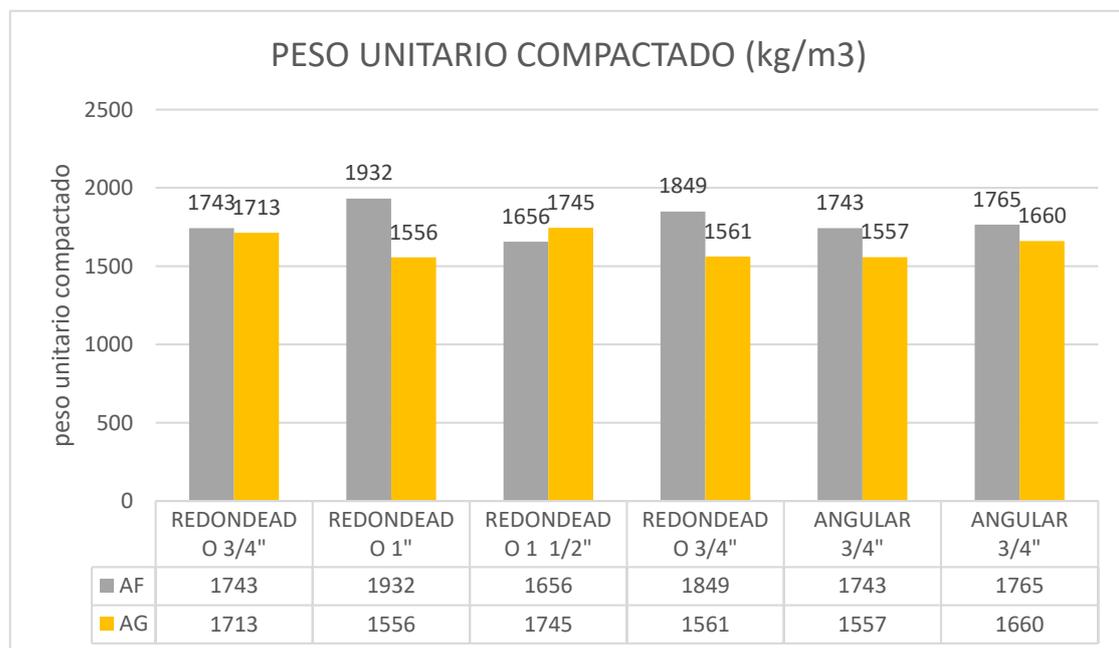


Figura N° 8:Variación de pesos unitarios compactados según tipo de agregado

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 12:Comparativo del peso específico según tipo de agregado

Autor	Tipo de agregado	Origen de la cantera	Peso específico de masa promedio	
			Af	Ag
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	Cajamarca	2440	2660
Marcelo, P. (2019)	Redondeado 1"	Pasco	2470	2520
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 1 1/2"	Abancay	2910	2710
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	Abancay	2650	2720
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	Cajamarca	2440	2580
Álvarez, J. (2019)	Angular 3/4"	Jicamarca	2690	2780

Fuente: Elaboración propia

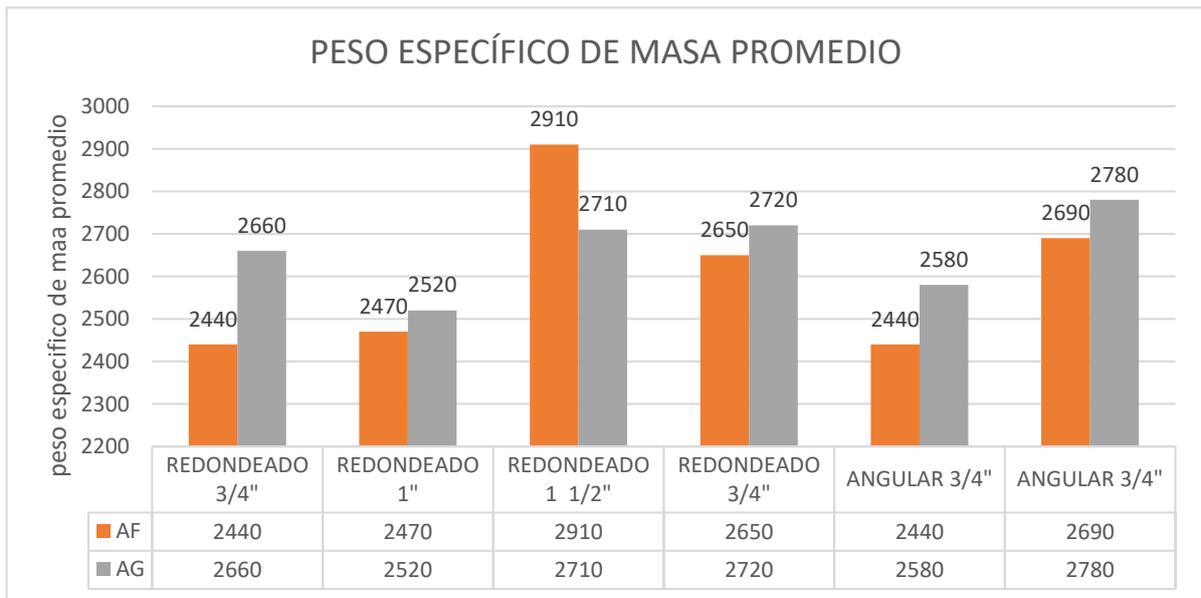


Figura N° 9:Variación de pesos específicos según tipo de agregado y granulometría

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 muestra los datos, su procesamiento y resultados de la granulometría del agregado grueso y también el tamaño máximo nominal de los agregados (1/2", 3/4", 1"), el cual permite determinar el agua y aire atrapado en los dos diseños de mezcla de referencia utilizando el método del ACI, Walker y Módulo de fineza.

En la figura 11 observamos como los módulos de fineza para un agregado redondeado es mayor que para un agregado angular.

Tabla N° 13:Comparativo del módulo de fineza según tipo de agregado

Autor	Tipo de agregado	Origen de la cantera	Módulo de fineza	
			Af	Ag
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	Cajamarca	2.69	6.49
Marcelo, P. (2019)	Redondeado 1"	Pasco	3.07	5.62
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	Abancay	2.99	7.62
Ferrel, H. (2018)	Angular 3/4"	Cajamarca	2.69	6.49
Contreras, W. (2014)	Angular 1/2"	Colombia		2.78
Álvarez, J. (2019)	Angular 3/4"	Jicamarca	2.70	6.50

Fuente: Elaboración propia

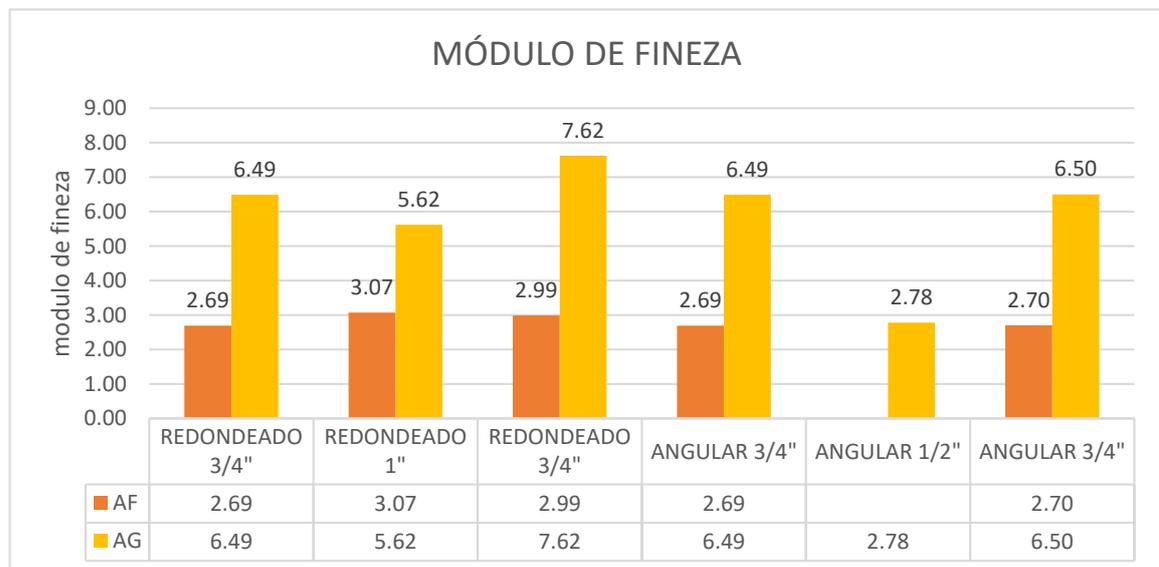


Figura N° 10:Variación de módulos de fineza según tipo de agregado y granulometría

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, aparecen los datos de la absorción del agregado fino y absorción del agregado grueso redondeado y angular.

En la figura 12 se puede observar que el % de absorción para la piedra redondeada es de 0.59% y para un agregado angular es de 1.04% en la cuida de Cajamarca, esto indica que para diferente textura se obtiene diferente absorción.

Tabla N° 14:Comparativo del porcentaje de absorción según tipo de agregado

Autor	Tipo de agregado	Origen de la cantera	% Absorción	
			Af	Ag
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	Cajamarca	3.390	0.59
Marcelo, P. (2019)	Redondeado 1"	Pasco	2.67	1.33
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 1 1/2"	Abancay	1.790	0.640
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	Abancay	1.14	0.68
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	Cajamarca	3.39	1.04
Álvarez, J. (2019)	Angular 1/2"	Colombia	0.44	0.24
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	Jicamarca	0.70	0.60

Fuente: Elaboración propia

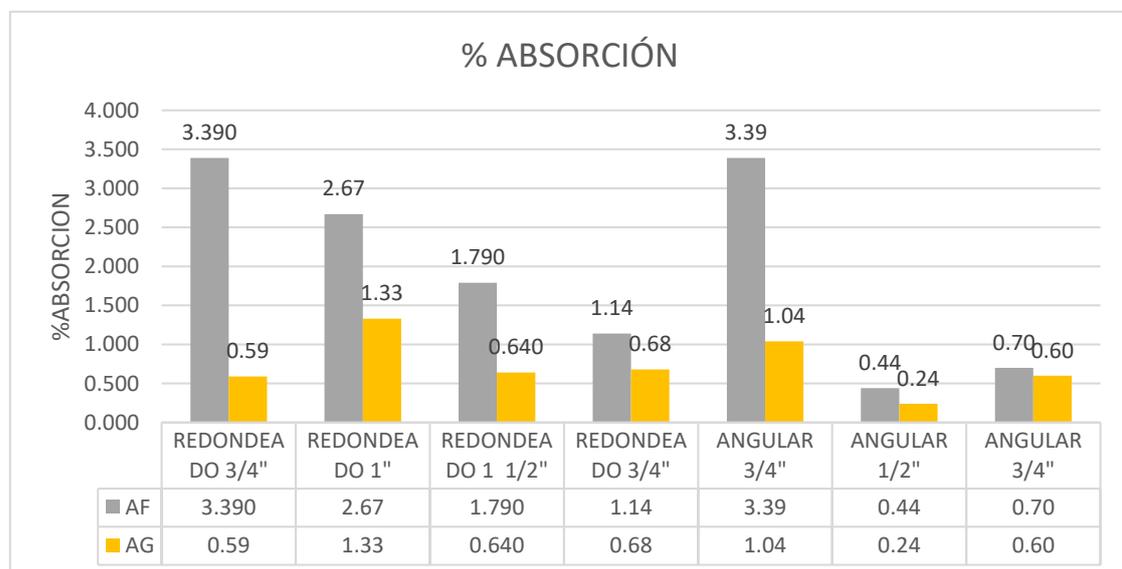


Figura N° 11:Variación de % de absorción según tipo de agregado y granulometría

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15, aparecen los datos de % de humedad del agregado fino y absorción del agregado grueso redondeado y angular

En la figura 13 se puede observar que el porcentaje de humedad para la piedra redondeada es de 0.23% y para un agregado angular es de 0.25% en la ciudad de Cajamarca, dado que por esta característica de los agregados gruesos no hubo una variación significativa en el factor agua/cemento durante el mezclado

Tabla N° 15: Comparativo del porcentaje de humedad según tipo de agregado

Autor	Tipo de agregado	Origen de la cantera	% humedad	
			Af	Ag
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	Cajamarca	1.45	0.23
Marcelo, P. (2019)	Redondeado 1"	Pasco	7.37	0.47
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 1 1/2"	Abancay	5.360	0.210
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	Abancay	5.06	0.120
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	Cajamarca	1.45	0.25
Culma, A. (2015)	Angular 1/2"	Colombia	1.65	0.23
Álvarez, J. (2019)	Angular 3/4"	Jicamarca	7.50	3.00

Fuente: Elaboración propia

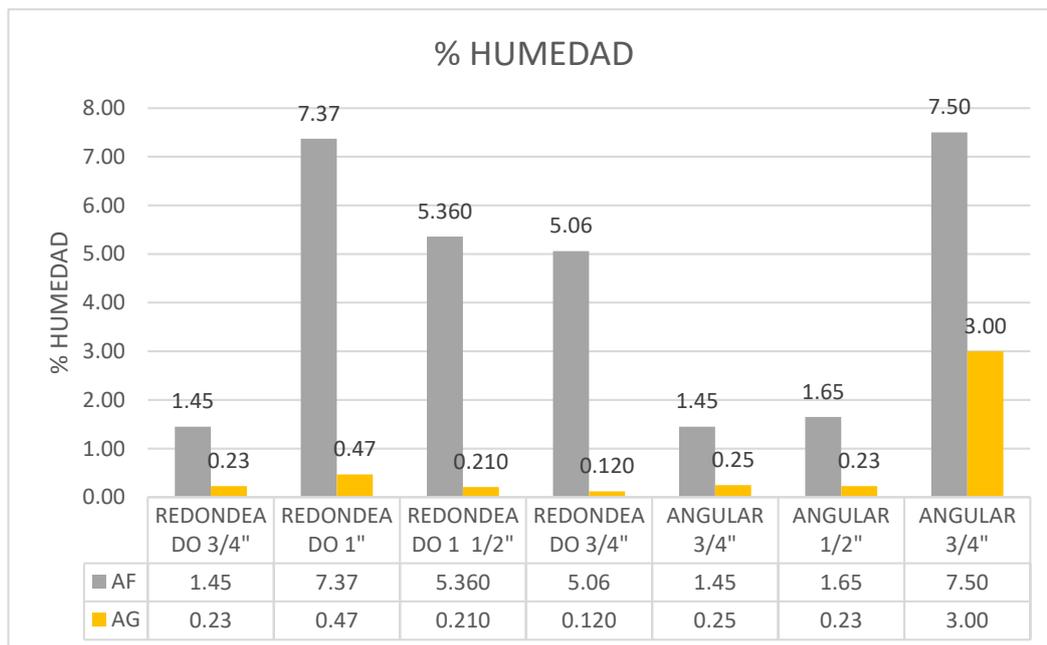


Figura N° 12: Variación del porcentaje de humedad según tipo de agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 observamos el volumen de agua para los diferentes tipos de agregado según su granulometría y ubicación de cantera, estos datos son sacados de diferentes tablas según normativa y método para un diseño de mezcla.

En la figura 14 que el agregado redondeo angular tiene mayor volumen de agua que el agregado redondeado, dependiendo de su granulometría.

Tabla N° 16:Comparativo de volumen de agua según tipo de agregado

Autor	Tipo de agregado	Origen de la cantera	Vol. De agua (Its)		
			M.aci	M. Walker	M. Módulo de fineza
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	Cajamarca	216		
Marcelo, P. (2019)	Redondeado 1"	Pasco	193		
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 1 1/2"	Abancay		204	
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	Abancay			205
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	Cajamarca	205		
Culma, A. (2015)	Angular 1/2"	Colombia	216		
Álvarez, J. (2019)	Angular 3/4"	Jicamarca	216	227	216

Fuente: Elaboración propia

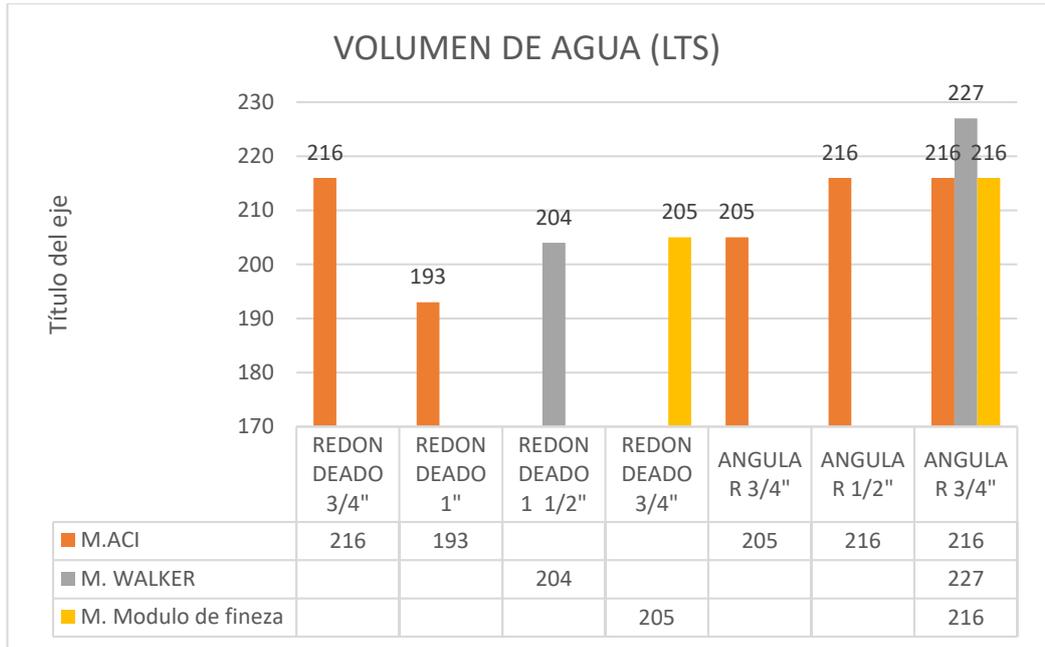


Figura N° 13: Variación de volumen de agua según tipo de agregado por en tres métodos

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 observamos el porcentaje de aire para los diferentes tipos de agregado según su granulometría y ubicación de cantera, estos datos son sacados de diferentes tablas según normativa y método para un diseño de mezcla.

En la figura 15 observamos que el porcentaje de aire solo varía según la granulometría del agregado y los datos son obtenidos de las tabas que están en la norma.

Tabla N° 17:Comparativo del porcentaje de aire basados en tres métodos

Autor	Autor	Origen de la cantera	% de aire		
			M.aci	M. Walker	M. Módulo de fineza
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	Cajamarca	2.0%		
Marcelo, P. (2019)	Redondeado 1"	Pasco	1.5%		
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 1 1/2"	Abancay		2.0%	
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	Abancay	1.0%		2.0%
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	Cajamarca	2.0%		
Culma, A. (2015)	Angular 1/2"	Colombia		2.5%	
Álvarez, J. (2019)	Angular 3/4"	Jicamarca	2.0%	2.0%	2.0%

Fuente: Elaboración propia

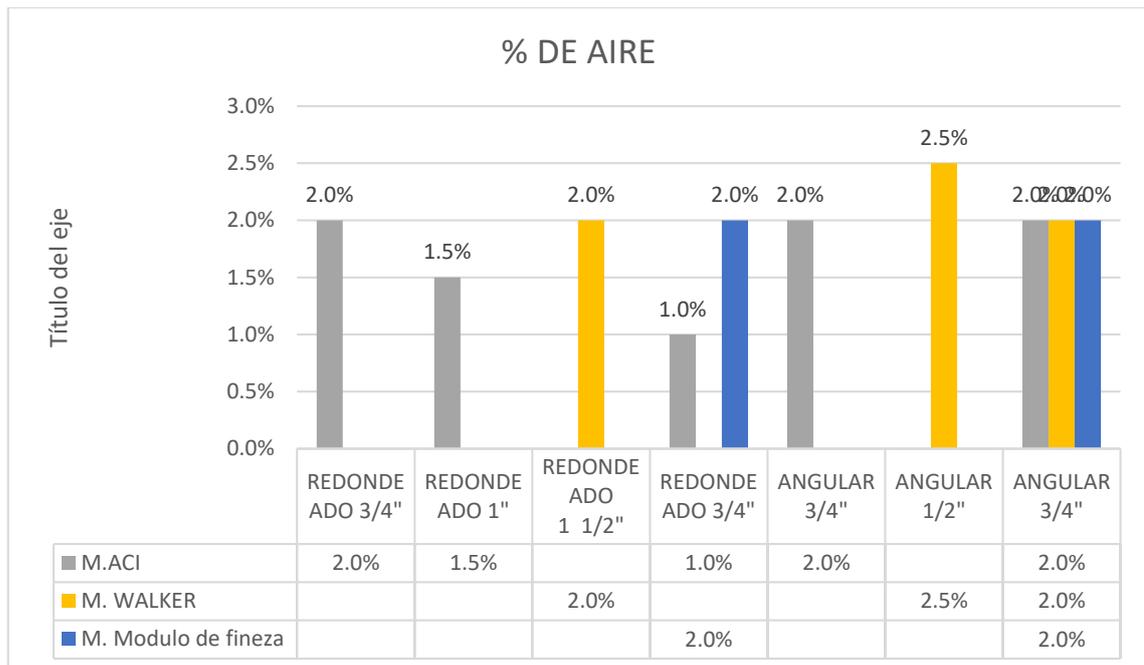


Figura N° 14: Variación del % de aire según tipo de agregado basado en tres métodos

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 observamos la relación agua cemento para los diferentes tipos de agregado según su granulometría y ubicación de cantera, estos datos son obtenidos de diferentes tablas según normativa y método para el diseño de mezcla.

Tabla N° 18:Comparativo de la relación a/c basados en tres métodos

Autor	Tipo de agregado	Origen de la cantera	a/c		
			M. aci	M. Walker	M. Módulo de fineza
			Sin incluir aire		
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	Cajamarca	0.750		
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	Cajamarca	0.556		
Marcelo, P.(2019)	Redondeado 1"	Pasco	0.470		
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 1 1/2"	Abancay		0.558	
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	Abancay			0.558
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	Cajamarca	0.556		
Culma, A. (2015)	Angular 1/2"	Colombia		0.558	
Alvarez, J. (2019)	Angular 3/4"	Jicamarca	0.650	0.650	0.650

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Análisis de resultados mediante influencia según su tamaño

Para el análisis de la influencia del tamaño en la consistencia del concreto hicimos la contrastación de 5 diferentes autores, los cuales nos mostraron la variación del peso unitario suelto, compactado, pes específico de masa promedio, módulo de fineza, %de absorción, % de humedad, volumen de agua, % de aire, relación a/c según el tipo de agregado más común usado en la construcción redondeado y angular de tamaños 1/2, 3/4, 1, 1 1/2, para un tipo de agregado redondeado y angular

En las tablas 19, 20, 21, se aprecian los pesos unitarios sueltos, pesos unitarios compactados y pesos específicos de masa del agregado fino y del agregado grueso, respectivamente, además de los autores que nos dieron como resultado las cantidades mostradas, así como el tipo de agregado y su tamaño máximo nominal

En las figuras 16, 17 y 18, se observan los resultados del peso unitario suelto, peso unitario compactado y el peso específico de masa, respectivamente. En todas las figuras se aprecia la ventaja en peso que tiene la grava redondeada respecto a la piedra chancada, dependiendo del tamaño de la piedra y el lugar de procedencia, esta característica indica que los especímenes hechos a base de grava redondeada obtuvieron mayor peso y, se intuye que esta característica favoreció en cierta medida a la resistencia.

Tabla N° 19: Comparativo de pesos unitarios sueltos según tipo de agregado grueso

Autor	Tipo de agregado	TMN	Peso unitario suelto (kg/m ³)	
			Af	Ag
Culma, A. (2015)	Angular	1/2"		
Contreras, W. (2014)	Redondeado	3/4"	1575	1587
Ferrel, H. (2018)	Redondeado	3/4"	1671	1435
Contreras, W. (2014)	Angular	3/4"	1575	1409
Álvarez, J. (2019)	Angular	3/4"	1560	1587
Marcelo, P. (2019)	Redondeado	1"	1708	1381
Ferrel, H. (2018)	Redondeado	1 1/2"	1560	1705

Fuente: Elaboración propia

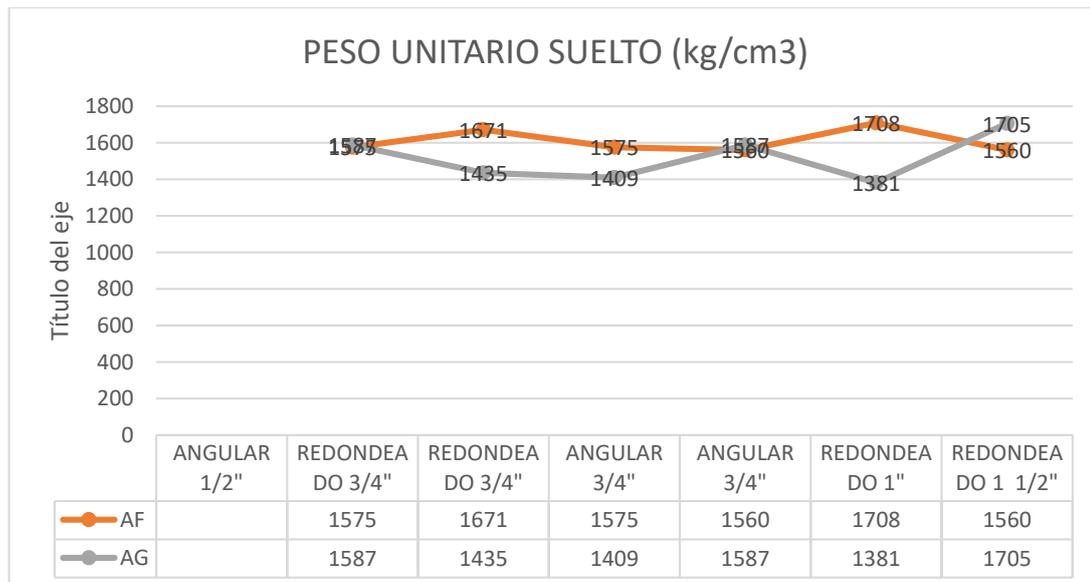


Figura N° 15: Variación de pesos unitarios sueltos según tipo de agregado

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 20: Comparativo de pesos unitarios compactados según tipo de agregado

Autor	Tipo de agregado	TMN	Peso unitario compactado (kg/m ³)	
			Af	Ag
Culma, A.(2015)	Angular 1/2"	1/2"		
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	3/4"	1743	1713
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	3/4"	1849	1561
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	3/4"	1743	1557
Álvarez, J. (2019)	Angular 3/4"	3/4"	1765	1660
Marcelo, P (2019)	Redondeado 1"	1"	1932	1556
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 1 1/2"	1 1/2"	1656	1745

Fuente: Elaboración propia

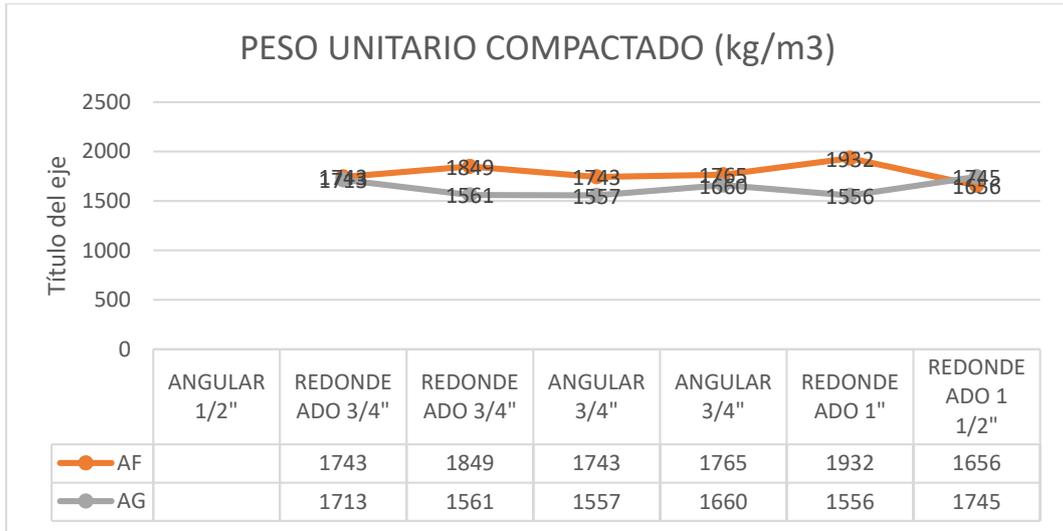


Figura N° 16: Variación de pesos unitarios compactados según tipo de agregado

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21:Comparativo de pesos específicos según tipo de agregado

Autor	Tipo de agregado	TMN	Peso específico de masa promedio	
			Af	Ag
Culma, A. (2015)	Angular	1/2"		
Contreras, W. (2014)	Redondeado	3/4"	2440	2660
Ferrel, H. (2018)	Redondeado	3/4"	2650	2720
Contreras, W. (2014)	Angular	3/4"	2440	2580
Álvarez, J. (2019)	Angular	3/4"	2690	2780
Marcelo, P. (2019)	Redondeado	1"	2470	2520
Ferrel, H. (2018)	Redondeado	1 1/2"	2910	2710

Fuente: Elaboración propia

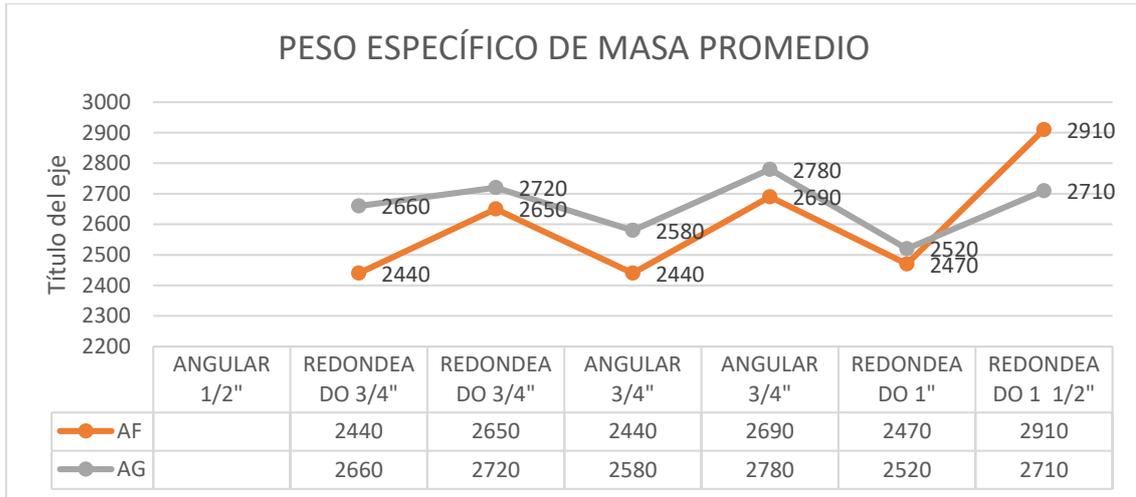


Figura 17: Variación de pesos específicos según tipo de agregado

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 22 muestra los datos, su procesamiento y resultados de la granulometría del agregado grueso y también el tamaño máximo nominal de los agregados ($\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1"), el cual permite determinar el agua y aire atrapado en los dos diseños de mezcla de referencia utilizando el método del ACI, Walker y Módulo de fineza.

En la figura 19 observamos como los módulos de fineza para un agregado redondeado es mayor que para un agregado angular.

Tabla N° 22:Comparativo de módulos de fineza según tipo de agregado

Autor	Tipo de agregado	TMN	Módulo de fineza	
			Af	Ag
Culma, A. (2015)	Angular 1/2"	1/2"		2.78
Contreras, W. (2014)	Redondeado 3/4"	3/4"	2.690	6.490
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 3/4"	3/4"	2.99	7.62
Contreras, W. (2014)	Angular 3/4"	3/4"	2.69	6.49
Álvarez, J. (2019)	Angular 3/4"	3/4"	2.70	6.50
Marcelo, P. (2019)	Redondeado 1"	1"	3.07	5.62
Ferrel, H. (2018)	Redondeado 1 1/2"	1 1/2"		5.790

Fuente: Elaboración propia

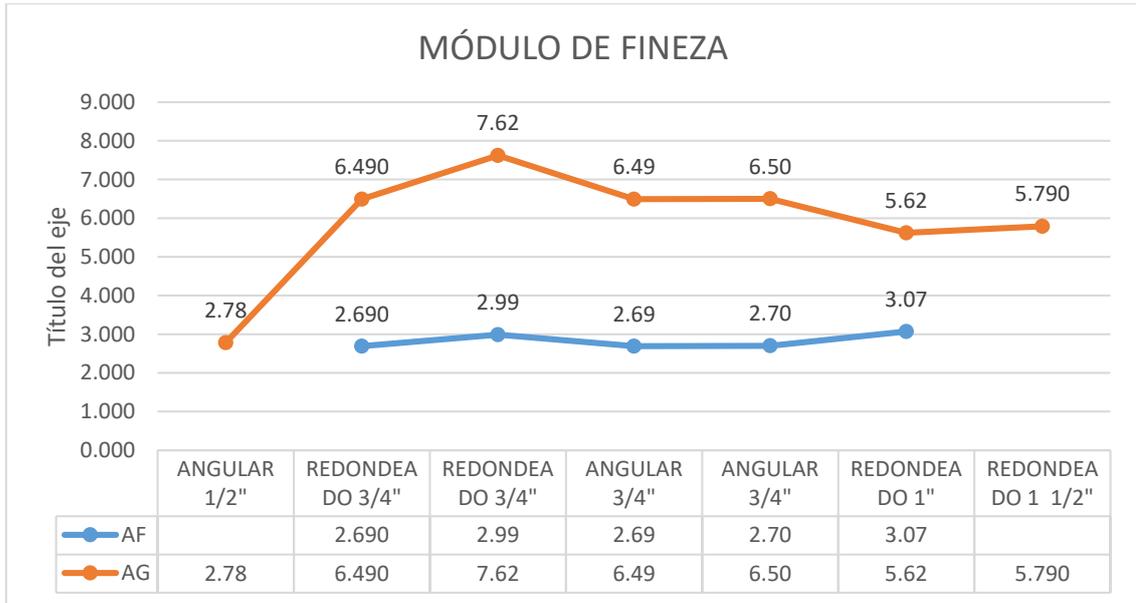


Figura N° 18: Variación de módulos de fineza según tipo de agregado

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Análisis de resultados mediante la influencia según su textura

Para el análisis de la influencia de la textura en la resistencia del concreto hicimos la contrastación de 5 diferentes autores, los cuales nos mostraron la variación de las resistencias y la adherencia que tienen según el tipo de textura, ya sea lisa, áspera, porosa y cristalina para los agregados grueso de tipo redondeado y angula

Tabla N° 23:Cuadro de resistencias según la textura lisa

Autor	Tipo de agregado	Textura según tipo de agregado	TMN	Edad en días	Resistencia real (kg/cm²)	Adherencia
Contreras, W.	Redondeado	Lisa	3/4"	7	98.15	Menor
				14	134.16	
				21	162.14	
				28	164.84	
				7	123.21	
				14	184.12	
				21	203.77	
				28	212.59	
Marcelo, P.	Redondeado	Lisa	1"	7	152.88	Menor
				14	184.84	
				28	227.97	
Achahuanco, E.	Redondeado	Lisa	1"	3	15.3	Menor
				7	25.8	
				24	30.3	
				28	32.5	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 24:Cuadro de resistencias según la textura áspera

Autor	Tipo de agregado	Textura según tipo de agregado	TMN	Edad en días	Resistencia real (kg/cm²)	Adherencia
Contreras, W. (2014)	Angular (trituradas)	Áspera	3/4"	7	119.03	Mayor
				14	162.36	
				21	176.17	
				28	184.45	
				7	154.38	
				14	200.32	
				21	219.66	
				28	227.72	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25:Cuadro de resistencias según el tipo de textura cristalina

Autor	Tipo de agregado	Textura según tipo de agregado	TMN	Edad en días	Resistencia real (kg/cm2)	Adherencia
Díaz, J.	Angular (trituradas)	Cristalina 3/4"	3/4"	7	260	Mayor
				14	304	
				21	325.5	
				28	347	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 26:Cuadro de resistencias según el tipo de textura porosa

Autor	Tipo de agregado	Textura según tipo de agregado	TMN	Edad en días	Resistencia real (kg/cm2)	Adherencia
Campo, E.	Angular (trituradas)	Poroso	3/4"	14	183.9	Mayor
				21	213.43	
				28	221.86	

Fuente: Elaboración propia

5.3 Contrastación de resultados

5.3.1 Contrastación de la primera hipótesis

- a) H01: Al analizar la forma de los agregados gruesos se mejora la proporción del concreto

Para Contreras, W. la dosificación encontrada en peso fue la siguiente: 388.49 Kg de cemento, 699.28 kg de agregado fino, 1010.07kg de agregado grueso y 233.09 lts, con una agregado redondeado de 3/4"; pero para Alvares, J. la dosificación encontrada en peso fue la siguiente: 332 Kg de cemento, 772.28 kg de agregado fino, 1029kg de agregado grueso y 216 lts, con una agregado angular de 3/4" usando el método de ACI tal como se muestras en la tabla 27, esto quiere decir que el peso del agregado redondeado resultó menor que el peso del agregado angular, esto es por la estrecha relación con las formas y

texturas de los mismos, es decir, el agregado angular pesó más pese a que sus formas angulosas no le permite acomodarse con facilidad en un molde de volumen determinado, a diferencia del agregado redondeado que por su textura lisa y forma redondeada tubo un mejor acomodo de sus partículas. Asimismo, sucede con el método de Modulo de fineza de combinación de agregados tal como se muestra en la tabla 29, sin embargo, para el método de Walker el peso del agregado grueso redondeado es mayor que para el agregado angular

Tabla N° 27:Proporción y dosificación según el peso por el método de ACI

Autor	Tipo de agregado	TMN	Diseño de mezclas				% aire
			Cemento (kg)	A.f (kg)	A.g (kg)	Agua (lt)	
Contreras, W.	Redondeado	3/4"	388.49	699.28	1010.07	233.09	2.00
	Redondeado	3/4"	1.00	1.80	2.60	0.6	
Álvarez, J.	Angular	3/4"	332.00	772.00	1029.00	216.00	2.00
	Angular	3/4"	1.00	2.33	3.10	0.65	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 28: Proporción y dosificación según el peso por el Método de Walker

Autor	Diseño de mezclas				
	M. Walker				
	Cemento (kg)	A.f (kg)	A.g (kg)	Agua (lt)	% aire
Contreras, W.	340.93	569.35	1278.49	193.00	2.00
	1.00	1.67	3.75	0.57	
Álvarez, J.	349.00	619.00	1140.00	227.00	2.00
	1.00	1.77	3.27	0.65	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 29: Proporción y dosificación según el peso por el Método de fineza

Autor	Diseño de mezclas				
	M. Módulo de fineza de combinación de agregados				
	Cemento (kg)	A.f (kg)	A.g (kg)	Agua (lt)	% aire
Contreras, W.	367.00	974.00	837.00	173.00	2.00
	1.00	2.65	2.28	0.47	
Álvarez, J.	332.00	654.00	1152.00	216.00	2.00
	1.00	1.97	3.47	0.65	

Fuente: Elaboración propia

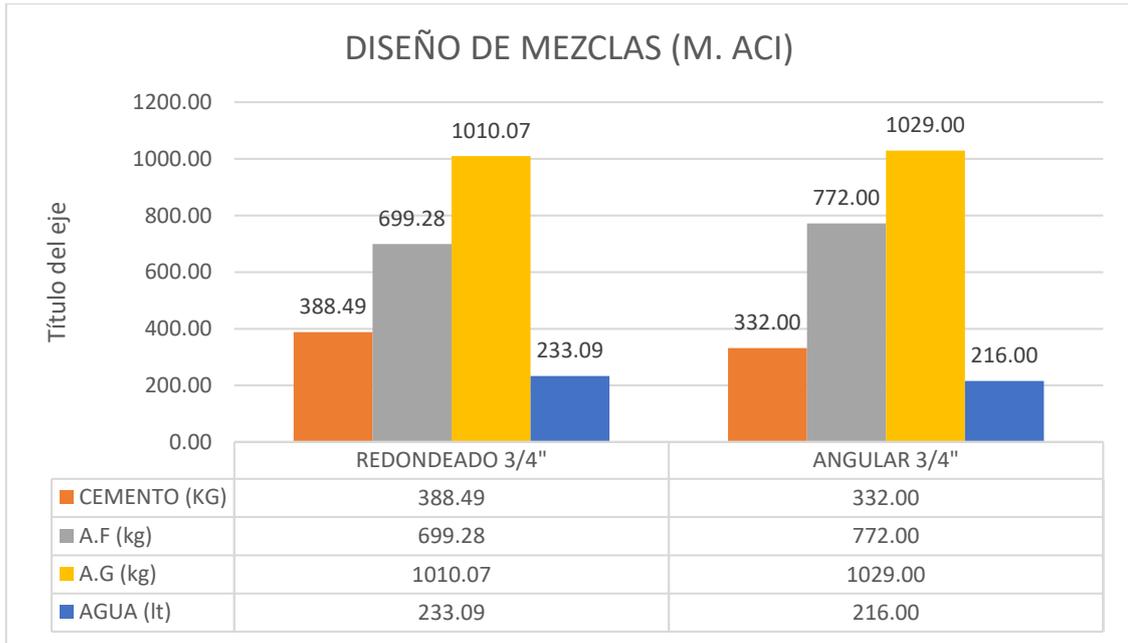


Figura N° 19: Diseño de mezcla en peso (kg) para agregados redondeados y angulares

Fuente: Elaboración propia

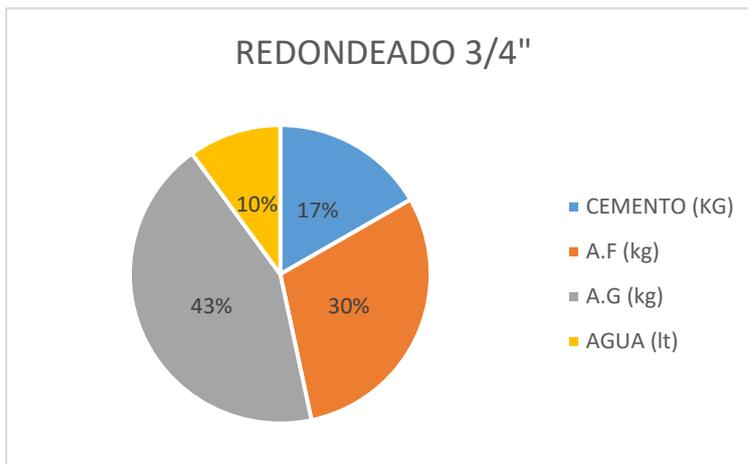


Figura N° 20: Proporción de mezclas en porcentajes para agregado redondeado

Fuente: Elaboración propia

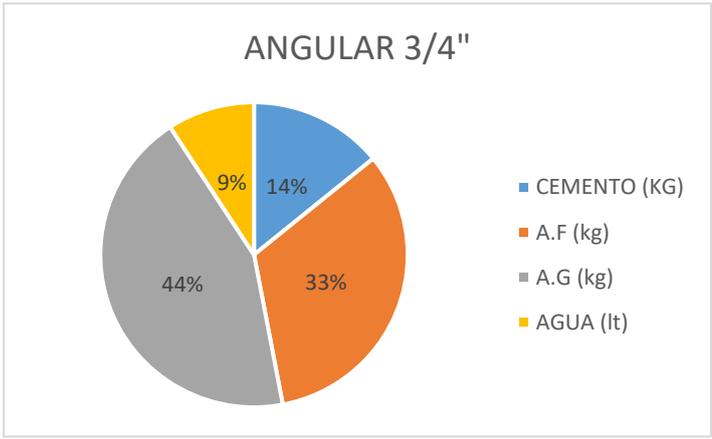


Figura N° 21: Proporción de mezclas de diseño en porcentajes para agregado angular

Fuente: Elaboración propia

- Diseño de mezclas por el método de Walker

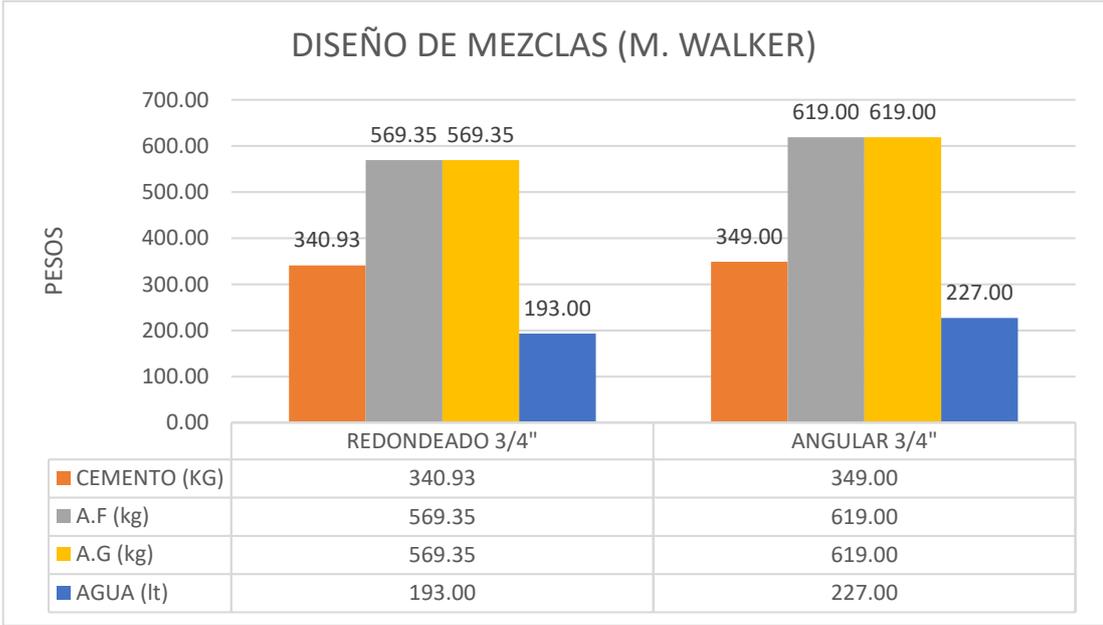


Figura N° 22: Diseño de mezcla en peso (kg) para agregados redondeados y angulares

Fuente: Elaboración propia

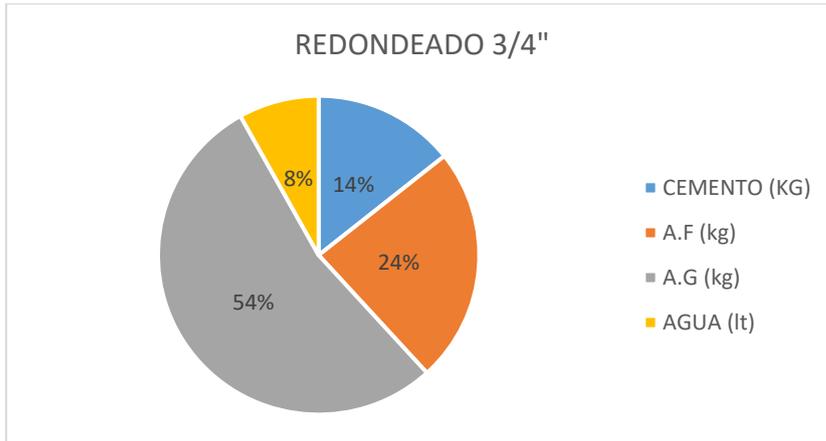


Figura N° 23: Proporción de mezclas de diseño en porcentajes para agregado angular

Fuente: Elaboración propia

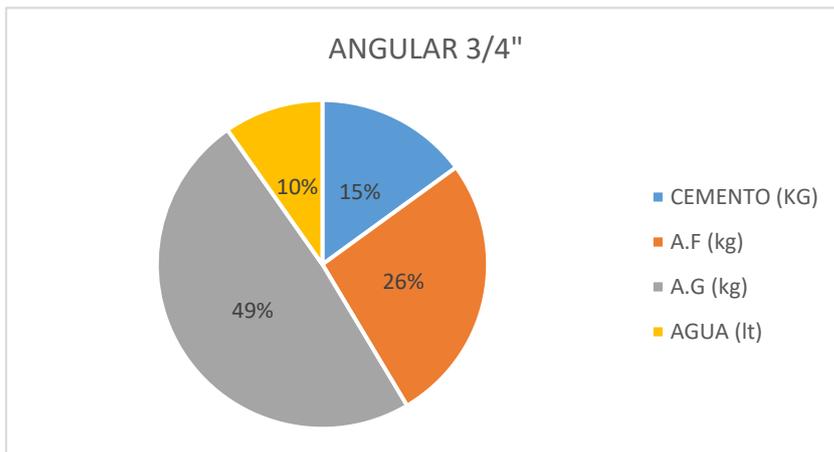


Figura N° 24: Proporción de mezclas de diseño en porcentajes para agregado angular

Fuente: Elaboración propia

- Diseño de mezclas según método módulo de fineza

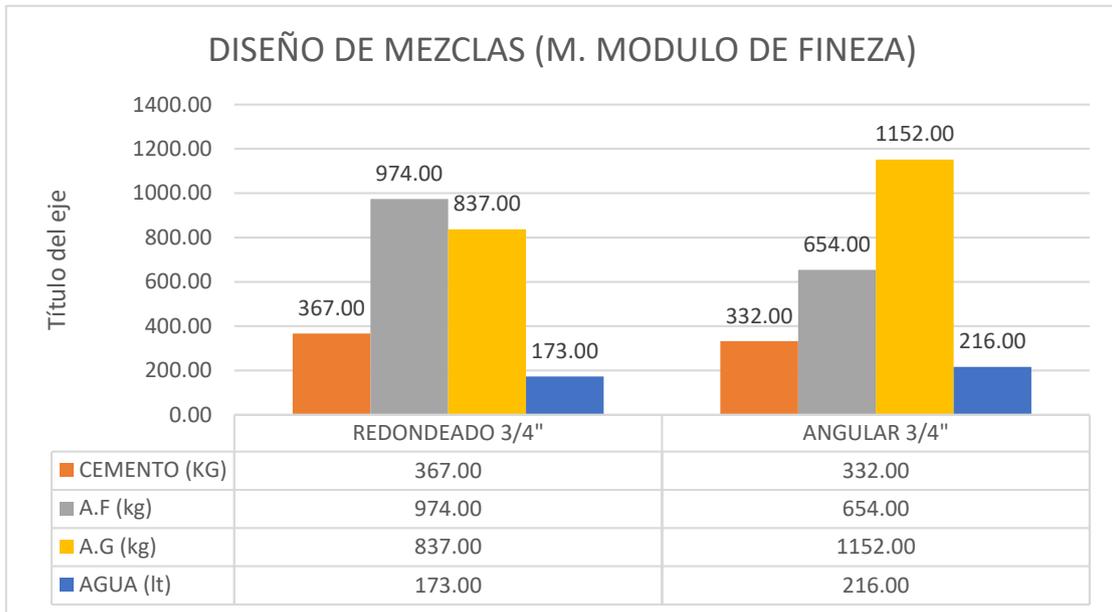


Figura N° 25: Diseño de mezcla en peso(kg) para agregados redondeados y angulares

Fuente: Elaboración propia

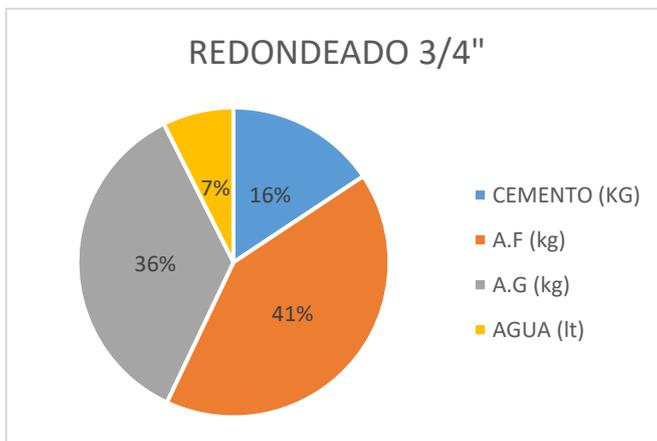


Figura N° 26: Proporción de mezclas de diseño en porcentajes para agregado angular

Fuente: Elaboración propia

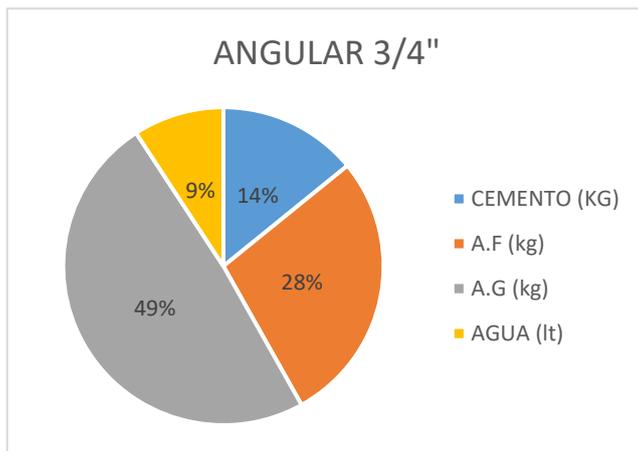


Figura N° 27: Proporción de mezclas de diseño en porcentajes para agregado angular

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Contrastación de la segunda hipótesis

- b) Al analizar el tamaño de los agregados gruesos se mejora la consistencia del concreto.

Para respaldar esta hipótesis tomamos datos de 6 autores como se muestra en la tabla 30 para los tamaños de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1 y $1\frac{1}{2}$ ".

Según Ferrel, H. el asentamiento para una piedra redondeada de $\frac{3}{4}$ " fue de 7.62cm obteniendo una consistencia plástica y una trabajabilidad media y para un agregado angular de $\frac{3}{4}$ " según Alvares, J. fue de 15.25cm, obteniendo una consistencia fluida y húmeda con una trabajabilidad alta.

Este resultado permite decir que, según el tipo de agregado grueso, la forma y textura influyen en gran medida en la consistencia del concreto.

En la figura 29 podemos ver la variación de los asentamientos para agregados redondeados y angulares según su granulometría

Tabla N° 30:Cuadro de asentamientos para analizar la consistencia del concreto

Autor	Tipo de agregado	TMN	Asentamiento del concreto (cm)	Consistencia	Trabajabilidad
Culma, A.	Angular	1/2"	7.62	Plastica	Media
Contreras, W.	Redondeado	3/4"	15.25	Fluida o humeda	Alta
Ferrel, H.	Redondeado	3/4"	7.62	Fluida o húmeda	Alta
Contreras, W.	Angular	3/4"	8.75	Plástica	Media
Álvarez, J.	Angular	3/4"	15.25	Fluida o húmeda	Alta
Marcelo, P.	Redondeado	1"	10.16	Plástica	Media
Ferrel, H.	Redondeado	1 1/2"	10.16	Plastica	Media

Fuente: Elaboración propia

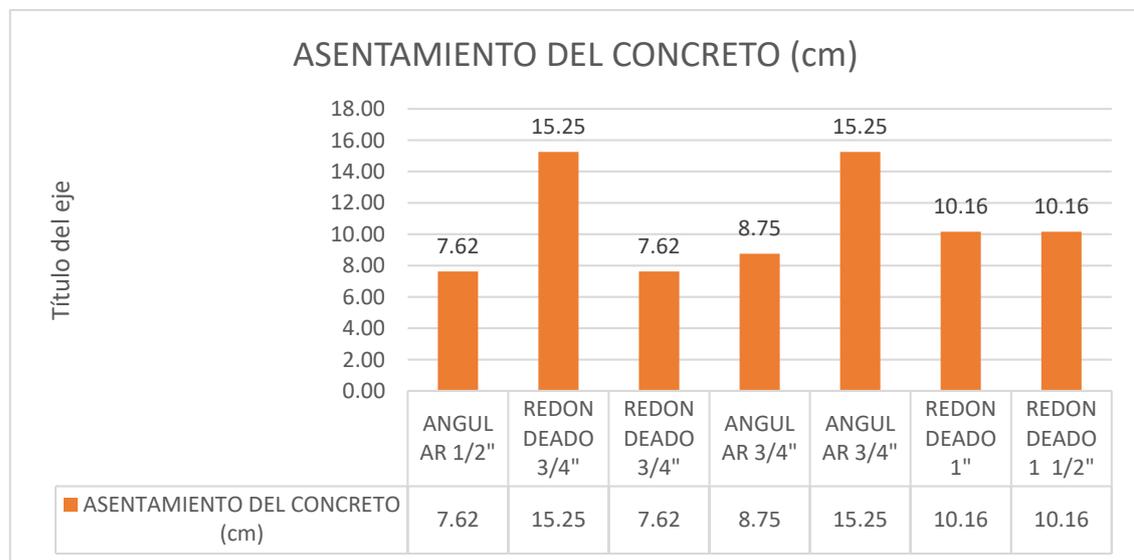


Figura N° 28:Variación de asentamientos según tipo de agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Contrastación de la tercera hipótesis

- c) Al analizar la textura de los agregados gruesos se mejora la resistencia del concreto.

Para respaldar esta hipótesis tomamos datos de 6 autores como se muestra en la tabla 31, 32, 33 y 34 según el tipo de agregado, textura y tamaño.

Según Contreras, W. (2014) la piedra lisa redondeada tiene resistencias que hace que la adherencia sea menor que para una piedra áspera angular de un tamaño de $\frac{3}{4}$ "

Según Días, J. muestra que la piedra cristalina angular tiene mayor adherencia por ende mayor resistencia

Según Campo, E. muestra que la piedra porosa angular tiene mayor adherencia por ende mayor resistencia

Como se observa en la figura 30 la mayor resistencia que se dio en el agregado angular, se debió a la influencia de su textura áspera que permitió una buena adherencia mecánica, que es mayor cuanto más rugosa es la superficie, y así, los agregados triturados proporcionaron mayor resistencia del concreto a diferencia de los agregados redondeados que por su textura lisa lograron una mínima adherencia.

Tabla N° 31 :Cuadro de textura lisa para un agregado redondeado

Autor	Tipo de agregado	Textura	TMN	Edad en días	Resistencia real (kg/cm²)	Adherencia
Contreras, W.	Redondeado	Lisa	3/4"	7	98.15	Menor
				14	134.16	
				21	162.14	
				28	164.84	
				7	123.21	
				14	184.12	
				21	203.77	
				28	212.59	
Marcelo, P.			1"	7	152.88	Menor
				14	184.84	
				28	227.97	
Achahuanco, E.			1"	3	15.3	Menor
				7	25.8	
				24	30.3	
				28	32.5	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 32:Cuadro de textura áspera para un agregado angular

Autor	Tipo de agregado	Textura	TMN	Edad en días	Resistencia real (kg/cm²)	Adherencia
Contreras, W.	Angular (trituradas)	Áspera	3/4"	7	119.03	Mayor
				14	162.36	
				21	176.17	
				28	184.45	
				7	154.38	
				14	200.32	
				21	219.66	
				28	227.72	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33:Cuadro de textura cristalina para un agregado angular

Autor	Tipo de agregado	Textura	TMN	Edad en días	Resistencia real (kg/cm²)	Adherencia
Díaz, J.	Angular (trituradas)	Cristalina	3/4"	7	260	Mayor
				14	304	
				21	325.5	
				28	347	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 34: Cuadro de textura poroso para un agregado angular

Autor	Tipo de agregado	Textura	TMN	Edad en días	Resistencia real (kg/cm²)	Adherencia
Campo, É.	Angular (trituradas)	Poroso	3/4"	14	183.9	Mayor
				21	213.43	
				28	221.86	

Fuente: Elaboración propia

Según (Portugal, 2010) manifiesta que la mayor adherencia mecánica de las partículas de perfil angular, el agregado grueso produce resistencia mayor que la grava redondeada. La angularidad acentuada deberá ser evitada por requerir altos contenidos de agua y presentar reducciones en la trabajabilidad. No obstante, recomiendan el uso de agregado grueso angular, pues producen resistencias más altas que agregados redondeados, la razón principal de esto es la adherencia mecánica que puede ser desarrollada con partículas angulares. Sin embargo, partículas muy anguladas causan disminución de la trabajabilidad. El agregado ideal debe ser limpio, de formas cúbicas y anguladas, 100% chancado con un mínimo contenido de partículas planas y alargadas. Por tanto, para concretos de alta resistencia, se considera que el agregado ideal debe ser 100% agregado chancado de perfil angular y textura rugosa, limpio, duro, resistente, poco absorbente, de preferencia con el menor porcentaje de partículas chatas o elongadas

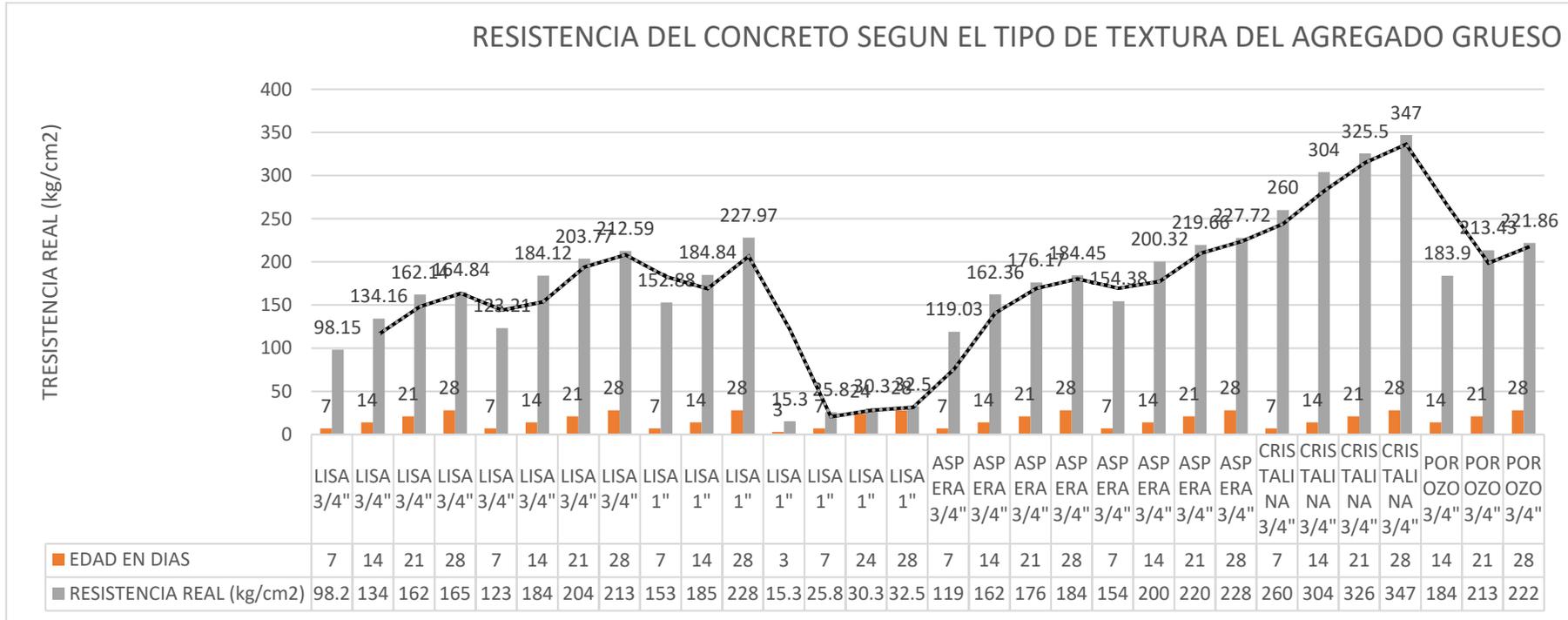


Figura N° 29: Variación de resistencias según textura de agregado

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Discusión de resultados

Para “Contreras, W.” la dosificación encontrada en peso fue la siguiente: 388.49 Kg de cemento, 699.28 kg de agregado fino, 1010.07kg de agregado grueso y 233.09 lts, con un agregado redondeado de $\frac{3}{4}$ ”; pero para “Alvares, J”. la dosificación encontrada en peso fue la siguiente: 332 Kg de cemento, 772.28 kg de agregado fino, 1029kg de agregado grueso y 216 lts, con una agregado angular de $\frac{3}{4}$ ” usando el método de ACI esto quiere decir que el peso del agregado redondeado resultó menor que el peso del agregado angular, esto es por la estrecha relación con las formas y texturas de los mismos, es decir, el agregado angular pesó más pese a que sus formas angulosas no le permite acomodarse con facilidad en un molde de volumen determinado, a diferencia del agregado redondeado que por su textura lisa y forma redondeada tubo un mejor acomodo de sus partículas. Asimismo, sucede con el método de Modulo de fineza de combinación de agregados, sin embargo, para el método de Walker el peso del agregado grueso redondeado tiene mayor proporción de agregado grueso que para el agregado angular

Según “Ferrel, H.” el asentamiento para una piedra redondeada de $\frac{3}{4}$ ” fue de 7.62cm obteniendo una consistencia plástica y una trabajabilidad media y para un agregado angular de $\frac{3}{4}$ ” según” Alvares, J.” fue de 15.25cm, obteniendo una consistencia fluida y húmeda con una trabajabilidad alta. Este resultado permite decir que, según el tipo de agregado grueso, la forma y textura influyen en gran medida en la consistencia del concreto.

Según “Contreras, W.” la piedra lisa redondeada tiene resistencias que hace que la adherencia sea menor que para una piedra áspera angular de un tamaño de $\frac{3}{4}$ ”, pero para “Días, J.” muestra que la piedra cristalina angular tiene mayor adherencia por ende mayor resistencia, mientras que para “Campo, E.” muestra que la piedra porosa angular tiene mayor adherencia por ende mayor resistencia. Es decir que la mayor resistencia que se dio en el agregado angular, se debió a la

influencia de su textura áspera que permitió una buena adherencia mecánica, que es mayor cuanto más rugosa es la superficie, y así, los agregados triturados proporcionaron mayor resistencia del concreto a diferencia de los agregados redondeados que por su textura lisa lograron una mínima adherencia.

CONCLUSIONES

1. La forma de los agregados incide en el comportamiento del concreto. La experiencia ha demostrado que aquellos que presentan formas que se acercan a la del cubo, entre los triturados, y a la esfera en el caso de los rodados ofrecen mejor trabajabilidad y en alguna medida mayor durabilidad que aquellos de forma aplanada o alargada.
2. Las formas analizadas en esta investigación fueron la redondeada y angular, las cuales demostraron que para una mejora de diseño de mezcla óptimo es preferible utilizar un agregado grueso angular, ya que esta tiene mayor adherencia al concreto
3. Los tamaños analizados en esta investigación fueron $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1" y 1 $\frac{1}{2}$ " los cuales según su tamaño tienen diferentes asentamientos que demostraron que para un agregado grueso redondeado la consistencia sería fluida o húmeda y con trabajabilidad alta, pero para un agregado angular la consistencia será plástica con una trabajabilidad media, esta clasificación fue tomada de las tablas de "consistencia y trabajabilidad ACI"
4. Las texturas analizadas en esta investigación fueron las lisas, ásperas, cristalinas y porosas las cuales nos demostraron que para mejorar la resistencia del concreto se tienen que obtener una mayor adherencia del concreto, es decir que el agregado grueso con mayor adherencia son las ásperas y cristalinas, dándonos una mayor resistencia que las lisas, esto debido a que su adherencia es baja, es así que para texturas ásperas se obtiene mejores resistencias que para texturas suaves.
5. Los agregados redondeados, que son los más baratos y con mayor disponibilidad, obtuvieron bajas resistencias que el agregado triturado.

RECOMENDACIONES

1. Las partículas con textura áspera, angulares o alongadas requieren más agua para producir un concreto trabajable que agregados lisos, redondeados y compactos
2. Los cantos rodados te dan menor resistencia es por ello que debemos usar agregado triturado
3. Las partículas de agregado angulares requieren más cemento para mantener la misma relación agua-cemento.
4. Se recomienda que se trabaje con la granulometría normalizada del agregado grueso, ya que esto influye en la cantidad en peso del agregado fino y grueso para el diseño de la mezcla, el cual formará una matriz más densa del concreto y que se refleja en la resistencia del concreto a la compresión.
5. Recomiendo continuar con la investigación analizando otras formas, tamaños y texturas que no estén mencionadas en esta tesis para poder tener un mayor comparativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullahi. (2012). *Effect of aggregate type on Compressive strength of concrete*. Nigeria: International Journal of Civil & Structural Engineering. Obtenido de <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijcse&volume=2&issue=3&article=008>
- Acosta, J. (2005). *Determinación de reactividad potencial álcali-agregado por el método acelerado de las barras de mortero*. Asuncion: Universidad Nacional de Asunción. Obtenido de <http://ing.una.py/pdf/1er-congreso-nacional-ingcivil/02ho-ma02.pdf>
- Alvarado. (2015). Propiedades mecánicas en concretos fabricados con agregados gruesos reciclados tratados con lechadas. *PROPIEDADES MECÁNICAS EN CONCRETOS* (págs. 10-25). Cundinamarca: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/307575116_PROPIEDADES_MECANICAS_EN_CONCRETOS_FABRICADOS_CON_AGREGADOS_GRUESOS_RECICLADOS_TRATADOS_CON_LECHADAS
- Arapa, P. (2018). *evaluación de la calidad de los agregados de cuatro canteras aledañas a la ciudad de juliaca y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles*". Puno: Universidad nacional del antiplano. Obtenido de file:///C:/Users/Robert/Downloads/Arapa_Mamani_Percy_Mamani_Caira_Washington_Wilver.pdf
- Arce, W., & Yañez, R. (2013). *Calidad del agregado de la cantera del rio guayacondo, distrito de tambillo - huamanga • ayacucho, con fines de elaboracion de concreto*". Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/229/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Bracamonte. (2013). *Caracterización físico-mecánica de agregados*. Colombia: Matemáticas, Universidad de Sucre, Sucre, Colombia . Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84929153020.pdf>
- Cabrera, R. (2014). *Influencia de la forma y la textura de los agregados gruesos*. San Lorenzo - Paraguay: Laboratorio de Materiales de Construcción. Obtenido de <http://ing.una.py/pdf/1er-congreso-nacional-ingcivil/03ho-ma-03.pdf>
- Calderon, E. (2015). *Diseño de hormigón con cantos rodados provenientes del río Chanchan a través de los métodos ACI Y O'REILLY*. Guayas: Universidad de Guayaquil : Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7847>
- Castañeda, R. (2017). *Obtencion del concreto de alta resistencia a la compresion, por el metodo aci, usando las canteras de la ciudad de chimbote*". chimbote: UNIVERSIDAD PRIVADA DE SAN PEDRO. Obtenido de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/55/PI1710131-I.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cespedes, M. (Agosto de 2003). *Resistencia a la compresion del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido*. Obtenido de universidad de piura: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_153_164_104_1439.pdf
- Chamorro, R. (2008). *Agregados (materiales de construccion) propiedades mecanicas*. lima: universidad nacional de ingeniera. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/445>
- Chan Yam, J., & Solis, R. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/influencia.pdf>.
- Contreras, W. (2014). *Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la cantera olano en la consistencia y resistencia a la compresion del concreto en e distrito de jaen*. Cajamarca: Universidad nacional de cajamarca.

- Estrada Hernandez, & Paez Aldana. (2014). *Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto*. Veracruz: Universidad Veracruzana. Obtenido de <https://docplayer.es/46084967-Tesis-ingenieria-civil.html>
- Estrada, & Paez. (2013). *A new broadband quasi Yagi–Uda antenna with an EBG-truncated ground plane*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <https://scholar.google.com/citations?user=5LhIREAAAAAJ&hl=es>
- Fernández, M. (2005). HORMIGON- 10ª Edición. *Adaptado a la Instrucción para la Recepción de Cementos RC-08 y a la EHE 08*, 692. Obtenido de <https://belliscovirtual.com/hormigon/27-hormigon-10-edicion-adaptado-a-la-instruccion-para-la-recepcion-de-cementos-rc-08-y-a-la-ehe-08.html>
- ferreira, a. (2014). *Caracterización física de agregados petreos para concretos*. bogota: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION.pdf>
- Gamarra, R. (2008). *Efectos del perfil del agregado grueso sobre las propiedades del concreto de baja resistencia empleando portland tipo I*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/461>
- Garcia, S. (2006). *Diseño de concreto fresco y el concreto endurecido*. Obtenido de Universidad Europea de Madrid: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-europea-de-madrid/tecnologia-de-materiales/ejercicios-obligatorios/disenio-de-concreto-fresco-y-el-concreto-endurecido/2456938/view>
- Iberico, J. (2019). *Influencia del agregado grueso según su formación geológica en las propiedades mecánicas del concreto de las canteras de la zona Este de Lima en el 2019*. Lima: Universidad peruana union. Obtenido de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2767>
- Indecity. (2018). Una guerra sin refugios: aproximaciones al derecho a la vivienda durante la emergencia sanitaria del Covid-19. *IUS 360*, 20-30.

- Lopez, E. (2000). *Materiales para el concreto*. Lima: Instituto de la construcción y gerencia. Obtenido de <https://civilarq.com/libro/materiales-para-el-concreto-enrique-rivva-lopez/>
- Montenegro, J. (2011). *Concreto, Materiales de Construcción*. Lambayeque: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de https://civilgeeks.com/2011/10/04/influencia-de-la-forma-de-los-agregados-en-el-concreto/#google_vignette
- Morales, D. (2017). *Influencia del tamaño máximo nominal de 1/2" y 1" del agregado grueso del río amojú en el esfuerzo a la compresión del concreto para $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$* . cajamarca: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1099/TESIS%20FINAL%2017-05-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Olarte Buleje, Z. (2017). *Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles*. Andahuaylas: Universidad Tecnológica de los Andes. Obtenido de <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/100>
- Ozturan, & Cecen. (1997). Effect of Coarse Aggregate Type on Mechanical Properties of Concrete with Different Strengths. *Cement and Concrete*, 165-170. doi:[https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(97\)00006-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(97)00006-9)
- PG Fookes. (2015). A note on the origins of engineering geomorphology in the UK. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 147-156. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Edward_Lee49/publication/276167803_A_note_on_the_origins_of_engineering_geomorphology_in_the_UK/links/59dc7108a6fdcc1ec8a6ef88/A-note-on-the-origins-of-engineering-geomorphology-in-the-UK.pdf

- Portugal. (2010). Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c. *Alconpat*, 21-29. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4276/427639586004.pdf>
- Ramirez, F., & Leon, P. (2014). Caracterización morfológicas de agregados para concreto mediante análisis de imágenes. *Revista Ingeniería de Construcción Vol. 25 N°2*, https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200003#:~:text=Las%20principales%20caracter%C3%ADsticas%20de%20los,ataque%20de%20sulfatos%20y%20dureza.
- Riva. (2000). *Materiales para el Concreto*. Lima: Instituto de construcción y gerencia. Obtenido de <https://civilarq.com/libro/materiales-para-el-concreto-enrique-rivvalopez/>
- Scanferla, & LJ. (2010). *Diseño de Mezclas de hormigón autocompactante utilizando agregados de minas locales*. Ambato-Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/15910/1/Tesis%20938%20-%20Sober%C3%B3n%20L%C3%B3pez%20Iv%C3%A1n%20Fernando.pdf>
- silva, o. (2017). Tipos de agregados y su influencia en el diseño de mezcla del concreto. *360 en concreto*, 5-10. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/tipos-de-agregados-y-su-influencia-en-mezcla-de-concreto>
- Silva, O. (2018). *Tipos de agregados y su influencia en el diseño de mezcla del concreto*. Colombia: 360 concreto. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/tipos-de-agregados-y-su-influencia-en-mezcla-de-concreto>

ANEXOS

ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA VARIABLE DEPENDIENTE

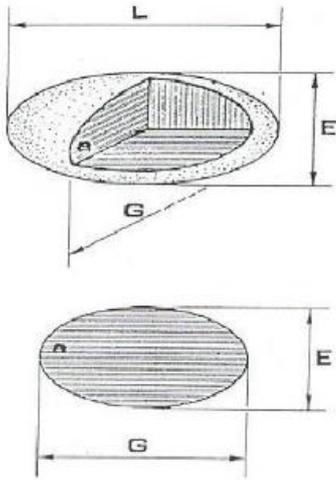
MATRIZ DE CONSISTENCIA (variable dependiente)						
	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
PROBLEMAS SECUNDARIOS	OBEJETOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS SECUNDARIA	V.D			La investigación es de tipo descriptiva debido a que especifica la forma tamaño y textura de los agregados gruesos además las propiedades del concreto, quiere decir que recolecta y mide datos de todas las variables independientes y dependientes, también puede ser explicativa porque al añadir diferentes formas de agregados gruesos a un concreto puede ser que varíe ampliamente algunas propiedades del concreto.
¿En qué medida la forma, tamaño y textura de los agregados gruesos influye en la proporción de los agregados?	Analizar la forma del agregado grueso para mejorar la proporción de los agregados	Al Analizar la forma del agregado grueso se mejora la proporción de los agregados		Proporción de los agregados	NTP 400.019 Degradación de los agregados	
¿En qué medida la forma, tamaño y textura de los agregados gruesos influye en la consistencia del concreto?	Analizar el tamaño del agregado grueso para mejorar la consistencia del concreto	Al Analizar el tamaño del agregado grueso se mejora la consistencia del concreto	Propiedades del concreto	Consistencia del concreto	NTP 339.035 Consistencia del concreto	
¿En qué medida la forma, tamaño y textura de los agregados gruesos influye en la resistencia del concreto?	Analizar la textura de los agregados gruesos para mejorar la resistencia del concreto	Al Analizar la textura de los agregados gruesos se mejora la resistencia del concreto		Resistencia del concreto	NTP 339.084 Resistencia del Concreto	

ANEXO 2 - MATRIZ DE CONSISTENCIA VARIABLE INDEPENDIENTE

MATRIZ DE CONSISTENCIA (variable independiente)						
	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	V.I			
¿En qué medida la forma, tamaño y textura de los agregados gruesos influyen en las propiedades del concreto?	Analizar la forma, tamaño y textura del agregado grueso para mejorar las propiedades del concreto	Al Analizar la forma, tamaño y textura del agregado grueso se mejora las propiedades del concreto	forma, textura y tamaño de los agregados gruesos	Forma del agregado grueso	NTP 400.019 Degradación de los agregados	El método de investigación será deductivo porque la forma tamaño y textura de los agregados, las propiedades del concreto surgirán de artículos, bibliografías y referencias, para luego ser relacionadas.
				Textura del agregado grueso	NTP 400.019 Degradación de los agregados	
				Tamaño del agregado grueso	NTP 400.019 Degradación de los agregados	

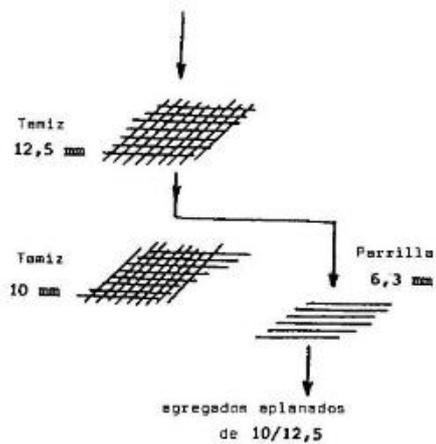
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3 - FORMA DEL AGREGADO GRUESO



Fuente: Influencia de la de los agregados en el concreto

ANEXO 4 - TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO



Fuente: Influencia de la de los agregados en el concreto

ANEXO 5 - SELECCIÓN DOCUMENTAL: TÍTULO - LINK - AÑO

Título	LINK (enlace)	AÑO
Agregados (materiales de construcción) propiedades mecánicas	http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/445	2008
Materiales para el concreto	https://civilarq.com/libro/materiales-para-el-concreto-enrique-rivva-lopez/	2000
Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c	https://www.redalyc.org/pdf/4276/427639586004.pdf	2010
Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles	http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/100	2017
Efectos del perfil del agregado grueso sobre las propiedades del concreto de baja resistencia empleando portland tipo I	http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/461	2008
Materiales para el Concreto	https://civilarq.com/libro/materiales-para-el-concreto-enrique-rivva-lopez/	2000
Concreto, Materiales de Construcción	https://civilgeeks.com/2011/10/04/influencia-de-la-forma-de-los-agregados-en-el-concreto/#google_vignette	2011
Calidad del agregado de la cantera del río guayacondo, distrito de tambillo-huamanga-ayacucho, con fines de elaboración de concreto”	http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/229/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200013.pdf?sequence=1&isAllowed=y	2013
“Evaluación de la calidad de los agregados de cuatro canteras aledañas a la ciudad de Juliaca y su influencia en la	file:///C:/Users/Robert/Downloads/Arapa_Mamani_Percy_Mamani_Caira_Washington_Wilver.pdf	2018

resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles”		
A note on the origins of engineering geomorphology in the UK	https://www.researchgate.net/profile/Edward_Lee49/publication/276167803_A_note_on_the_origins_of_engineering_geomorphology_in_the_UK/links/59dc7108a6fdcc1ec8a6ef88/A-note-on-the-origins-of-engineering-geomorphology-in-the-UK.pdf	<u>2015</u>
Diseño de Mezclas de hormigon autocompactante utilizando agregados de minas locales	http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/15910/1/Tesis%20938%20-%20Sober%C3%B3n%20L%C3%B3pez%20Iv%C3%A1n%20Fernando.pdf	<u>2010</u>
Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto	https://docplayer.es/46084967-Tesis-ingenieria-civil.html	<u>2014</u>
Diseño de hormigón con cantos rodados provenientes del río Chanchan a través de los métodos ACI Y O'REILLY	http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7847	<u>2015</u>
A note on the origins of engineering geomorphology in the UK	https://www.researchgate.net/profile/Edward_Lee49/publication/276167803_A_note_on_the_origins_of_engineering_geomorphology_in_the_UK/links/59dc7108a6fdcc1ec8a6ef88/A-note-on-the-origins-of-engineering-geomorphology-in-the-UK.pdf	<u>2015</u>
A note on the origins of engineering geomorphology in the UK	https://www.researchgate.net/profile/Edward_Lee49/publication/276167803_A_note_on_the_origins_of_engineering_geomorphology_in_the_UK/links/59dc7108a6fdcc1ec8a6ef88/A-note-on-the-origins-of-engineering-geomorphology-in-the-UK.pdf	<u>2015</u>
Effect of aggregate type on Compressive strength of concrete	http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijcse&volume=2&issue=3&article=008	<u>2012</u>
HORMIGON- 10ª Edición	https://belliscovirtual.com/hormigon/27-hormigon-10-edicion-adaptado-a-la-instruccion-para-la-recepcion-de-cementos-rc-08-y-a-la-ehe-08.html	<u>2005</u>
Caracterización físico-mecánica de agregados	https://www.redalyc.org/pdf/849/84929153020.pdf	<u>2013</u>
Influencia del agregado grueso según su formación geológica en las propiedades mecánicas del concreto de las canteras de la zona Este de Lima en el 2019	http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2767	<u>2019</u>

Caracterización física de agregados petreos para concretos	https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%2093N.pdf	<u>2014</u>
Caracterización física de agregados petreos para concretos	https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%2093N.pdf	<u>2014</u>
Caracterización física de agregados petreos para concretos	https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%2093N.pdf	<u>2014</u>
Caracterización física de agregados petreos para concretos	https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%2093N.pdf	<u>2014</u>
Caracterización física de agregados petreos para concretos	https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%2093N.pdf	<u>2014</u>
Caracterización física de agregados petreos para concretos	https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%2093N.pdf	<u>2014</u>
Caracterización física de agregados petreos para concretos	https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%2093N.pdf	<u>2014</u>
Caracterización física de agregados petreos para concretos	https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION%2093N.pdf	<u>2014</u>
Effect of Coarse Aggregate Type on Mechanical Properties of Concrete with Different Strengths.	https://doi.org/10.1016/S0008-8846(97)00006-9	<u>1997</u>
Una guerra sin refugios: aproximaciones al derecho a la vivienda durante la emergencia sanitaria del Covid-19	http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-31942012000100011	<u>2018</u>
A new broadband quasi Yagi-Uda antenna with an EBG-truncated ground plane	https://scholar.google.com/citations?user=5LhIREA_AAAAJ&hl=es	<u>2013</u>
Determinación de reactividad potencial álcali-agregado por el método acelerado de las barras de mortero	http://ing.una.py/pdf/1er-congreso-nacional-ingcivil/02ho-ma02.pdf	<u>2005</u>

Diseño de Mezclas de hormigon autocompactante utilizando agregados de minas locales	http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/15910/1/Tesis%20938%20-%20Sober%C3%B3n%20L%C3%B3pez%20Iv%C3%A1n%20Fernando.pdf	<u>2010</u>
Propiedades mecánicas en concretos fabricados con agregados gruesos reciclados tratados con lechadas	https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200003	<u>2015</u>
Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes	https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200003	<u>2009</u>
Influencia de los agregados del concreto en la transmisión de pulsos de ultrasonido	http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_153_164_104_1439.pdf	<u>2013</u>
Diseño de concreto fresco y el concreto endurecido	https://www.studocu.com/es/document/universidad-europea-de-madrid/tecnologia-de-materiales/ejercicios-obligatorios/disenio-de-concreto-fresco-y-el-concreto-endurecido/2456938/view	<u>2014</u>
Influencia de la forma y la textura de los agregados gruesos en las propiedades del hormigón	http://ing.una.py/pdf/1er-congreso-nacional-ingcivil/03ho-ma-03.pdf	<u>2014</u>
Tipos de agregados y su influencia en el diseño de mezcla del concreto	https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/tipos-de-agregados-y-su-influencia-en-mezcla-de-concreto	<u>2018</u>
Influencia del tamaño máximo nominal de 1/2" y 1" del agregado grueso del rio amojú en el esfuerzo a la compresión del concreto para $f'c = 250$ kg/cm ²	http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1099/TESIS%20FINAL%2017-05-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y	<u>2017</u>
Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto	https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf	<u>2003</u>

Fuente: Elaboración propia