

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“INFLUENCIA DEL PERFIL DEL AGREGADO GRUESO EN LA
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON $f'c=210$ KG/CM²”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. BAUTISTA BARDALES, ROGHER NOLBERTO

ASESOR:

Dr. Ing. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMÍREZ

Cajamarca, enero del 2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** BAUTISTA BARDALES, ROGHER NOLBERTO
DNI: 77039292
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
- Asesor:** Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez
Facultad: Ingeniería Civil
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:** "INFLUENCIA DEL PERFIL DEL AGREGADO GRUESO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON $f'c=210$ KG/CM²"
- Fecha de evaluación:** 9 de Enero 2025
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 13%
- Código Documento:** 3117:419956949
- Resultado de la Evaluación de Similitud:** 13%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **9 de Enero 2025**

		Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 09/01/2025 11:31:12-0500
<hr/> FIRMA DEL ASESOR <i>Nombres y Apellidos</i>	<hr/> UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI	

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "INFLUENCIA DEL PERFIL DEL AGREGADO GRUESO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ "

ASESOR : Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0036-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 14 de enero de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **veintidós días del mes de enero de 2025**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

- Presidenta : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
- Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
- Secretario : M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "INFLUENCIA DEL PERFIL DEL AGREGADO GRUESO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ ", presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **ROGHER NOLBERTO BAUTISTA BARDALES**, asesorado por el Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

- EVALUACIÓN PRIVADA : **07** PTS.
- EVALUACIÓN PÚBLICA : **10** PTS.
- EVALUACIÓN FINAL : **17** PTS **Diecisiete** (En letras)

En consecuencia, se lo declara **Aprobado** con el calificativo de **17 (diecisiete)** acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las **11:20 a.m.** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Presidente

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal

M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.
Secretario

Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: ROGHER NOLBERTO BAUTISTA BARDALES.

RUBRO	PUNTAJE
	Máximo/Calificación
2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
2.1. Capacidad de síntesis	03
2.2. Dominio del tema	03
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	02
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	02
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	10

Cajamarca, 22 de enero de 2025


Dra. Ing. Rosa Haydee Blique Mondragón.
Presidente


Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal


M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.
Secretario


Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: ROGHER NOLBERTO BAUTISTA BARDALES.

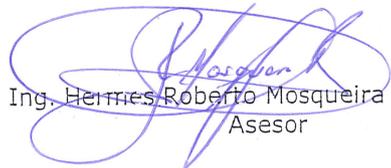
RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	07
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	10
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	17
EN LETRAS (A + B)	Dicérsida
- Excelente 20 - 19	MUY BUENO
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 22 de enero de 2025


Dra. Ing. Rosa Haydae Llique Mondragón.
Presidente


Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal


M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.
Secretario


Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi asesor, quien con total desapego compartió sus conocimientos con mi persona para hacer esta tesis realidad, es sin lugar a dudas una persona digna de admiración y respeto.

De la misma forma quisiera agradecer a todas las personas que me apoyaron para llegar a este momento; familia, amigos, compañeros y docentes; sé que, si algún día llego a ser alguien en esta vida, es gracias a ellos.

DEDICATORIA

Le dedico la siguiente tesis a mi padre, quien supo guiarme por las sendas del bien y enseñarme que la educación es el camino hacia un mundo mejor, sé que desde el más allá él sigue mis pasos y vela por mi bienestar.

De igual manera, le dedico esta tesis a mi madre, quien con su amor incondicional es mi soporte en los días más difíciles y en las peores batallas, es y siempre será el gran amor de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Hipótesis.....	2
1.4. Justificación de la investigación.....	2
1.5. Alcances y delimitaciones de la investigación.....	3
1.6. Objetivos	3
1.6.1. Objetivo general.....	3
1.6.2. Objetivos específicos	3
1.7. Descripción general de los contenidos	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes teóricos.....	5
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales	6
2.1.3. Antecedentes locales.....	7
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Concreto.....	8
2.2.2. Componentes	9

2.2.3.	Diseño de mezcla.....	17
2.2.4.	Resistencia a la compresión.....	18
2.3.	Definición de términos básicos	21
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		22
3.1.	Ubicación geográfica.....	22
3.1.1.	Ubicación geográfica de la investigación.....	22
3.1.2.	Ubicación geográfica de la cantera proveedora de agregados para la investigación.....	23
3.2.	Época de la investigación.....	23
3.3.	Metodología	24
3.3.1.	Tipo, nivel y diseño de la investigación	24
3.3.2.	Variables	24
3.3.3.	Población	24
3.3.4.	Muestra	25
3.3.5.	Unidad de análisis.....	26
3.3.6.	Procedimiento.....	27
3.4.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	28
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	28
3.4.2.	Instrumentos para la recolección de datos	28
3.4.3.	Materiales y equipos	28
3.4.4.	Procedimiento de recolección de datos.....	30
3.5.	Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.....	53
3.5.1.	Tratamiento y análisis de datos.....	53
3.5.2.	Presentación de resultados	54
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		57
4.1.	Propiedades de los agregados.....	57
4.2.	Diseño de mezcla	58

4.3.	Peso unitario del concreto fresco	59
4.4.	Asentamiento o slump del concreto fresco	59
4.5.	Resistencia a compresión	60
4.6.	Contrastación de hipótesis.....	62
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		63
5.1.	Conclusiones	63
5.2.	Recomendaciones.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		65
ANEXOS		68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado	11
Tabla 2: Granulometría del agregado fino	12
Tabla 3: Requisitos granulométricos del agregado grueso	16
Tabla 4: Muestra de estudio.....	26
Tabla 5: Cantidad mínima de agregado grueso para el ensayo de granulometría.	31
Tabla 6: Tamaño de muestra de agregado para el ensayo de contenido de humedad.	33
Tabla 7: Tamaño de muestra mínima de agregado para el ensayo de porcentaje que pasa por el tamiz N°200.....	40
Tabla 8: Carga de acuerdo a la gradación de la muestra para ensayo de abrasión.	42
Tabla 9: Gradación de muestras para ensayo de abrasión.	42
Tabla 10: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.....	44
Tabla 11: Requerimientos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	45
Tabla 12: Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.....	46
Tabla 13: Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.....	46
Tabla 14: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.....	47
Tabla 15: Propiedades físicas de los agregados.....	54
Tabla 16: Materiales de diseño corregidos por humedad por m ³	54
Tabla 17: Materiales por tanda de 5 probetas	54
Tabla 18: Peso unitario del concreto de acuerdo al tipo de agregado grueso usado.....	55
Tabla 19: Asentamiento en cm por tanda de concreto.....	55

Tabla 20: Promedio de asentamiento y variación porcentual de acuerdo al tipo de agregado usado.....	55
Tabla 21: Resistencia a compresión del concreto	56
Tabla 22: Distribución granulométrica del agregado fino	68
Tabla 23: Contenido de humedad del agregado fino	69
Tabla 24: Peso específico y absorción del agregado fino	70
Tabla 25: Peso específico del agua	70
Tabla 26: Factor del molde para agregado fino	71
Tabla 27: Peso unitario suelto del agregado fino.....	71
Tabla 28: Peso unitario compactado del agregado fino.....	71
Tabla 29: Material fino que pasa por la malla N°200 en el agregado fino	72
Tabla 30: Distribución granulométrica del agregado grueso.....	72
Tabla 31: Contenido de humedad del agregado grueso de perfil angular	73
Tabla 32: Contenido de humedad del agregado grueso de perfil redondeado.....	74
Tabla 33: Peso específico y absorción del agregado grueso de perfil angular	74
Tabla 34: Peso específico y absorción del agregado grueso de perfil redondeado.....	75
Tabla 35: Factor del molde para agregado grueso	75
Tabla 36: Peso unitario suelto del agregado grueso de perfil angular	75
Tabla 37: Peso unitario compactado del agregado grueso de perfil angular	76
Tabla 38: Peso unitario suelto del agregado grueso con perfil redondeado	76
Tabla 39: Peso unitario compactado del agregado grueso de perfil redondeado.....	76
Tabla 40: Material fino que pasa por la malla N°200 en el agregado grueso de perfil angular	77

Tabla 41: Material fino que pasa por la malla N°200 en el agregado grueso de perfil redondeado	77
Tabla 42: Porcentaje de abrasión en el agregado grueso de perfil angular.....	77
Tabla 43: Porcentaje de abrasión en el agregado grueso de perfil redondeado	78
Tabla 44: Método para hacer coincidir la granulometría de los agregados gruesos.....	78
Tabla 45: Masa, peso específico y volumen de materiales para un metro cúbico de concreto, sin agregado fino	80
Tabla 46: Peso unitario del concreto fresco elaborado con agregado grueso de perfil angular	82
Tabla 47: Peso unitario del concreto fresco elaborado con agregado grueso de perfil redondeado	83
Tabla 48: Resultados del ensayo de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas de concreto elaboradas con agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) y agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado) a edades de 7 y 14 días.	84
Tabla 49: Resultados del ensayo de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas de concreto elaboradas con agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) y agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado) a edades de 21 y 28 días.	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de falla en especímenes de concreto estándar	20
Figura 2: Vista satelital del laboratorio “Carlos Esparza Díaz”	22
Figura 3: Vista satelital de la cantera Aguilar	23
Figura 4: Diagrama del procedimiento de la investigación.....	27
Figura 5: Dimensiones del molde para ensayo de asentamiento	50
Figura 6: Gráfica comparativa de resistencia a compresión del concreto de acuerdo al tipo de agregado usado	56
Figura 7: Curva granulométrica del agregado fino.....	69
Figura 8: Curva granulométrica del agregado grueso	73
Figura 9: Diagrama de fase volumétrica para un metro cúbico de concreto	81
Figura 10: Gráfica esfuerzo vs deformación - espécimen PC - 17 a los 28 días	86
Figura 11: Gráfica esfuerzo vs deformación - espécimen PC - 18 a los 28 días	87
Figura 12: Gráfica esfuerzo vs deformación - espécimen CR - 16 a los 28 días.....	88
Figura 13: Gráfica esfuerzo vs deformación - espécimen CR - 17 a los 28 días.....	89
Figura 14: Obtención de agregados de la cantera Aguilar.....	93
Figura 15: Ensayo de granulometría del agregado fino.....	93
Figura 16: Ensayo de granulometría del agregado grueso	94
Figura 17: Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso	94
Figura 18: Ensayo de abrasión del agregado grueso en Máquina de los Ángeles.....	95
Figura 19: Prueba de asentamiento en concreto con agregado grueso de perfil angular (piedra chancada).....	95
Figura 20: Elaboración de probetas cilíndricas de concreto con piedra chancada	96
Figura 21: Agregado grueso de perfil redondeado separado por tamaño de partícula	96

Figura 22: Prueba de asentamiento en concreto con agregado grueso de perfil redondeado

(canto rodado)..... 97

Figura 23: Ensayo de resistencia a compresión a los 28 días..... 97

RESUMEN

La calidad del concreto es un problema que constantemente representa un desafío para el campo de la ingeniería civil, las malas prácticas y la poca verificación de los materiales que lo componen, hacen que este problema persista; como indica la teoría, los agregados influyen de manera directa en uno de los principales indicadores de calidad del concreto “La resistencia a compresión”, por ello es necesario el uso de agregados de calidad y conocer las propiedades de estos, es por ello que, en la presente investigación se evaluó la influencia, de una de las principales y más notorias características del agregado grueso “el perfil”, en la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, para lo cual se elaboraron especímenes cilíndricos con agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) y agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado). Los resultados de los ensayos en concreto fresco evidenciaron una mezcla plástica en el concreto con piedra chancada y una mezcla fluida en el concreto con canto rodado; en cuanto al peso unitario del concreto fresco, el concreto con canto rodado tuvo un promedio mayor al del concreto con piedra chancada. Con respecto a la resistencia a compresión, a la edad de 28 días, las probetas con agregado grueso de perfil angular llegaron a tener una resistencia promedio de 422 kg/cm^2 , mientras que el concreto con canto rodado tuvo una resistencia promedio de 332.57 kg/cm^2 , con estos resultados se concluyó que la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado grueso de perfil angular es superior en 21.30% con respecto al elaborado con agregado grueso de perfil redondeado.

Palabras clave: Perfil, agregado grueso, consistencia, concreto, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The quality of concrete is a problem that constantly represents a challenge for the field of civil engineering, bad practices and the poor verification of the materials that compose it, make this problem persist; as the theory indicates, the aggregates directly influence one of the main quality indicators of concrete "The compressive strength", therefore it is necessary to use quality aggregates and know their properties, that is why, in the present investigation the influence of one of the main and most notorious characteristics of the coarse aggregate "the profile" in the compressive strength of concrete $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ was evaluated, for which cylindrical specimens were prepared with coarse aggregate of angular profile (crushed stone) and coarse aggregate of rounded profile (cobblestone). The results of the tests in fresh concrete showed a plastic mixture in the concrete with crushed stone and a fluid mixture in the concrete with cobblestone; In terms of the unit weight of fresh concrete, the concrete with cobblestones had a higher average than that of concrete with crushed stone. With respect to compressive strength, at the age of 28 days, the test specimens with coarse aggregate with an angular profile reached an average strength of 422 kg/cm², while the concrete with cobblestones had an average strength of 332.57 kg/cm², with these results it was concluded that the compressive strength of concrete made with coarse aggregate with an angular profile is 21.30% higher than that made with coarse aggregate with a rounded profile.

Keywords: Profile, coarse aggregate, consistency, concrete, compressive strength.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La necesidad de contar con un concreto de buena calidad hace que sea esencial conocer a detalle todos sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen tanto de las propiedades físicas, como mecánicas de dichos componentes, especialmente de los agregados. Sin embargo, uno de los problemas que generalmente se encuentra al emplear el concreto, es la poca verificación de las características de los agregados pétreos que utilizan, lo que usualmente propicia resultados diferentes a los esperados. (Cerón et al. 1996, como se citó en Burga 2022).

Guzmán (2014) señala que, las características del mortero y de los agregados gruesos, así como la interacción entre ambos, determinan en gran medida la resistencia del concreto; siendo la calidad de estos agregados, incluyendo su forma, textura y mineralogía, lo que puede producir concretos con diferentes propiedades mecánicas.

En el contexto peruano, Guillén e Idelia (2020) sostienen que en muchos casos la calidad del concreto se ve comprometida por prácticas deficientes que priorizan la economía sobre la calidad de los materiales. La falta de verificación en aspectos como el tamaño y forma de los agregados provoca concretos con resistencias inferiores a las deseadas, especialmente en obras sin supervisión técnica rigurosa. Esto refleja una falta de control en la explotación y selección de agregados, un problema que podría mitigarse a través de estudios más específicos sobre los efectos de estos componentes en las propiedades del concreto.

A nivel local, Contreras (2014) destaca que el perfil del agregado grueso, ya sea angular o redondeado, influye significativamente en la resistencia y consistencia del concreto, siendo la piedra chancada y la grava los agregados más comúnmente utilizados. Sin embargo, se observa

que la selección de estos materiales muchas veces responde a la disponibilidad y costo, más que a su impacto en la calidad estructural del concreto.

En la ciudad de Cajamarca los agregados más usados son la piedra chancada (agregado grueso de perfil angular) y el canto rodado (agregado grueso de perfil redondeado), sin embargo, no se conoce el grado de influencia que tiene cada uno de estos tipos de agregado sobre la resistencia a compresión del concreto resultante.

1.2. Formulación del problema

¿En qué porcentaje de variación influye el perfil del agregado grueso en la resistencia a compresión de un concreto con $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$?

1.3. Hipótesis

La resistencia a compresión del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregado grueso de perfil angular varía en más de un 15% con respecto al elaborado con agregado grueso de perfil redondeado.

1.4. Justificación de la investigación

Con el fin de obtener un concreto con mejores propiedades y calidad es que en la presente investigación se estudió cómo es que influye el perfil del agregado, una de las propiedades más notorias y contundentes de este material pétreo, en la resistencia a compresión del concreto; se espera que este conocimiento sea de utilidad para las personas que se dedican al rubro de la construcción en la ciudad de Cajamarca, evitando malas prácticas constructivas; y que además pueda servir de referencia para futuras investigaciones en lo que a tecnología del concreto confiere.

1.5. Alcances y delimitaciones de la investigación

La presente investigación evaluó la influencia del perfil del agregado grueso en la resistencia a la compresión de un concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, para lo cual se utilizó Cemento Pacasmayo tipo I. El agregado fino, así como los agregados gruesos de perfil angular y perfil redondeado fueron suministrados por la cantera “Aguilar”. La investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca en los meses de junio y agosto del 2024.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la influencia del perfil del agregado grueso en la resistencia a compresión de un concreto con $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas del agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) con las del agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado).
- Determinar el asentamiento y consistencia del concreto elaborado con agregado grueso de perfil de perfil angular y del concreto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado.
- Determinar el peso unitario del concreto fresco elaborado con agregado grueso de perfil de perfil angular y del concreto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado.

1.7. Descripción general de los contenidos

La presente investigación cuenta con los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I (INTRODUCCIÓN): Comprende el planteamiento y formulación del problema, hipótesis, justificación de la investigación, alcances y delimitaciones de la investigación, limitaciones y objetivos.

CAPÍTULO II (MARCO TEÓRICO): Expone los antecedentes internacionales, nacionales y locales de la investigación, seguido de las bases teóricas y la de definición de términos necesarios para el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO III (MATERIALES Y MÉTODOS): Contiene la ubicación geográfica y el periodo de tiempo en que se realizó la investigación, seguido de los materiales y métodos usados, se describe paso a paso el procedimiento realizado, las técnicas de procesamiento, análisis y presentación de resultados.

CAPÍTULO IV (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS): Describe, explica y discute los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos previamente planteados; además, se contrastan estos resultados con los antecedentes teóricos.

CAPÍTULO V (CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES): Abarca las conclusiones a las que se llegó de acuerdo a cada objetivo y se proponen las recomendaciones necesarias para seguir ampliando los conocimientos con respecto a este tema en futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. Antecedentes internacionales

- **Abril & Ramos (2017)** en su investigación “**Identificación de la variación en la resistencia del concreto debido al origen del agregado grueso**”, concluyen que la resistencia del concreto es afectada cuando se usan agregados gruesos de distinto origen, es decir que el uso de grava extraída de un depósito aluvial en el concreto contribuye a que soporte cargas superiores (3115 psi), a la del diseño inicial a diferencia del material de origen montañoso que demostró ser menos resistente con 2652 psi, es decir no cumplió con el diseño de la mezcla.
- **Estrada & Páez (2014)** en su tesis “**Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del Concreto**”, demuestran que la resistencia del concreto con agregados redondeados es menor al concreto elaborado con agregados triturados; sin embargo, resaltaron también que, estos resultados no significa que el agregado redondeado sea de baja calidad, ya que los especímenes elaborados con este agregado alcanzaron la resistencia óptima para la que fueron diseñados, pero el agregado triturado superó dichos resultados de resistencia en concretos diseñados para 200 kg/cm² y 250 kg/cm² y 300 kg/cm².
- **Meza et al. (2021)** en su investigación titulado “**Efecto de los agregados gruesos disponibles en la ciudad de Cali sobre las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia (CAR)**” indican que, independientemente de los agregados gruesos utilizados, los concretos alcanzaron la resistencia de diseño de 60 MPa a los 28 días; sin embargo, se evidenció que el tipo de agregado influye de manera directa en las

propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia. Además, los resultados mostraron que el desgaste de los agregados no guarda una relación directa con la resistencia a compresión, y que el factor fundamental estuvo asociado a la forma y textura de las partículas de agregado.

2.1.2. Antecedentes nacionales

- **Mollo & Rosas (2019)** en su investigación “**Influencia del agregado grueso sobre las propiedades del concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$** ” determinaron que la resistencia a compresión del concreto con agregado grueso redondeado de la cantera Sabandía fue mayor a la obtenida del concreto con agregado grueso de piedra chancada de la cantera de Alto Misti, siendo la propiedad de absorción de los agregados gruesos lo que marcó la diferencia. Además, constataron que la forma y textura de los del agregado grueso influye en la trabajabilidad y fluidez del concreto.
- **Burgos (2019)** en su tesis “**Estudio comparativo de la resistencia de compresión y durabilidad del concreto usando agregado grueso de perfil redondeado y agregado grueso de perfil angular**”, concluyó que el concreto con agregado de perfil redondeado tiene mayor resistencia a la compresión que el concreto con perfil angular, esto en base a los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión a los 28 días realizados en los especímenes de concreto, llegando a obtener la resistencia de 238 kg/cm^2 utilizando agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) y 269 kg/cm^2 , utilizando agregado grueso de perfil redondeado (gravilla).

- **Guillén & Llerena (2020)** en su investigación **“Influencia de forma, tamaño y textura de los agregados gruesos en las propiedades mecánicas del concreto”**, indicaron que la forma de los agregados incide en el comportamiento del concreto, siendo aquellos que presentan formas cercanas a la de un cubo, entre los triturados, y a la esfera en el caso de los rodados, los que ofrecen mayor trabajabilidad y en alguna medida mayor durabilidad que aquellos de forma plana y alargada. Además, las texturas que analizaron, entre ellas, lisas, ásperas, cristalinas y porosas, demostraron que para mejorar la resistencia del concreto los agregados deben tener mayor adherencia, es decir las partículas ásperas y cristalinas nos darán un concreto con mayor resistencia que el concreto elaborado con partículas lisas.

2.1.3. Antecedentes locales

- **Torres (2015)** en su investigación **“Evaluación de la influencia en la resistencia del concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando agregado de río o agregado de cerro en Cajamarca”** afirmó que al usar agregado de cerro sin modificar ni verificar el diseño original, basado en agregado de río, la resistencia a final del concreto a los 28 días, disminuye. Esto en base a los resultados obtenidos para las diferentes dosificaciones planteadas en la investigación, en el caso del concreto con resistencia de diseño de 140 kg/cm^2 , disminuye 10,68%; para el concreto con resistencia de diseño de 175 kg/cm^2 , disminuye 7,49%; finalmente, para el concreto con resistencia de diseño de 210 kg/cm^2 , disminuye 6,19%.
- **Contreras (2014)** en su tesis **“Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén – Cajamarca”** indicó que para el mismo diseño de mezcla, los

concretos elaborados a base de piedra chancada de forma angular y textura áspera tienen mayor resistencia a la compresión que los concretos hechos con grava de río de forma redondeada y textura lisa (en porcentajes que variaron entre 8% a 16% para esta investigación), debido al mejor enganche y adherencia mecánica que logran la forma y textura de la piedra chancada con la pasta de cemento y que se da en menor medida con la grava redondeada.

- **Burga (2022)** en su investigación “**Influencia de la superficie específica de los agregados; de río y de cerro, en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ en Cajamarca**” determinó que la superficie específica de los agregados afecta notablemente la consistencia del concreto, la cual se reflejó en el requerimiento de la pasta de manera proporcional y si la relación agua/cemento es constante, la resistencia a la compresión del concreto disminuye a medida que aumenta la superficie específica de los agregados.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

El concreto es un material compuesto, cuya matriz es el aglomerante, cemento Portland, y las partículas agregadas son, por lo general, arena y grava. La mezcla se hace en presencia de agua y en algunas ocasiones, también se adicionan aditivos para conseguir determinadas propiedades. Es un material de gran durabilidad y con alta resistencia a la compresión y baja resistencia a la tracción; por tal motivo, las construcciones se diseñan con estructuras de acero en su interior para soportar los esfuerzos de tensión. Las propiedades mecánicas y la resistencia final de concreto

están relacionadas con los componentes que se agreguen a la mezcla, sus cantidades y con el control que se tenga del proceso de fraguado. (Cordero et al., 2018)

Según ACI (2019), es una “Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivo”.

Abanto Castillo (2017) define el concreto como una mezcla de cemento, agua, agregados (arena y grava) y, opcionalmente, aditivos, que al reaccionar entre sí forman un material resistente y duradero.

2.2.2. Componentes

El concreto es un material compuesto que se produce al mezclar cemento, agregados y agua. Las propiedades de este material de ingeniería dependen, en gran medida, de las propiedades individuales de cada uno de los componentes, así como de las cantidades de cemento y de la relación de agua/cemento. (Cordero et al., 2018)

2.2.2.1. Cemento

La Norma E.060 del RNE (2020) lo define como “Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

Rivera López (2020) define al cemento como un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos.

A. Cemento Portland

El cemento portland es un conglomerante hidráulico cuya principal propiedad es la de formar masas pétreas resistentes y duraderas cuando se mezcla con áridos y agua. El endurecimiento de la mezcla ocurre transcurrido un cierto tiempo desde el momento en que se realiza el amasado, lo que permite dar forma a la piedra artificial resultante. Estas tres cualidades (moldeable, resistente, duradero) hacen que los productos derivados del cemento tengan una gran aplicación en la construcción de edificios y obras públicas. (Sanjuán & Chinchón, 2014)

B. Cemento Portland tipo I

De acuerdo a lo recomendado por la Norma ASTM C 150, el cemento portland puede ser clasificado en cinco tipos, cuya fabricación está normada por requisitos específicos. Para la presente investigación se enfocó en el Cemento Portland tipo I, el cual tiene un uso general, es decir se usa donde no se requieran propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo. Cabe resaltar que, de los cinco tipos en el Perú sólo se fabrican los Tipos I, II, y V.

2.2.2.2. Agua de mezcla

El agua, en conjunto con el cemento, forma una pasta aglutinante que embebe las partículas de agregado para la conformación del concreto al desarrollar sus propiedades; asimismo la cantidad de agua adicionada a la mezcla determina la fluidez, trabajabilidad y manejabilidad de la misma. Se considera que la cantidad de agua necesaria para la hidratación del cemento esta entre el 25% y el 30%, sin embargo, para que la mezcla tenga un fácil manejo, la adición de agua debe estar por el orden del 40%. El control de la cantidad de agua en la mezcla debe ser riguroso, pues aquella agua que no conforma la pasta cementante que endurece, queda libre en la mezcla, evaporándose normalmente, dejando cierta porosidad en el concreto, lo que a futuro puede afectar su resistencia. (Cordero et al., 2018)

Requisitos de calidad para el agua de mezcla

La norma ITINTEC 339.088 (2014) considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

Tabla 1

Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

Descripción	Límite permisible		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm	Máximo
Materia orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		

Fuente: ITINTEC 339.088 (2019)

2.2.2.3. Agregados

Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto. (Rivera López, 2020)

La NTP 400.037 (2018) define a los agregados como un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites de la norma en mención.

A. Agregado fino

La NTP 400.037 (2018) define al agregado fino como aquel que proviene de la desintegración natural o artificial, que pasa por el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y queda

retenido en el tamiz normalizado 74 μm (N°200), además debe cumplir con los límites establecidos en dicha norma, entre algunos de estos parámetros tenemos a los siguientes:

- El agregado fino deberá tener la gradación según los límites de la siguiente tabla:

Tabla 2
Granulometría del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (N°4)	95 a 100
2,36 mm (N°8)	85 a 100
1,18 mm (N°16)	50 a 85
600 μm (N°30)	25 a 60
300 μm (N°50)	5 a 30
150 μm (N°100)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037 (2018)

- El agregado fino no tendrá más del 45% entre dos mallas consecutivas de las mostradas en la Tabla 2 y su módulo de fineza estará comprendido entre los valores de 2,3 y 3,1.
- Se puede usar el uso de agregados que nos cumplan con la gradación especificada siempre y cuando existan estudios que aseguren que dicho material producirá un concreto con la resistencia requerida.
- El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas, los agregados con alto contenido de impurezas orgánicas deberán ser desechados.
- El agregado fino usado en concreto que estará en permanente contacto con humedad no deberá ser reactivo.
- Si el concreto en el que va a usarse va a estar sujeto a problemas de congelación o deshielo, deberá cumplir con el requisito de resistencia a la desintegración por medio de ataque de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

B. Agregado grueso

Según la NTP 400.037 (2018) el agregado grueso consiste en grava, piedra chancada, o la combinación de ellos y que queda retenido tamiz normalizado 4,75 mm (N°4), este puede provenir de la desintegración natural o mecánica de la roca y debe cumplir con los límites establecidos de la norma en mención, entre algunos de estos parámetros tenemos a los siguientes:

- El agregado grueso deberá cumplir con los límites granulométricos establecidos en la Tabla 3 según los husos especificados.
- El agregado grueso utilizados en concreto con permanente contacto con la humedad no deberá ser reactivo.
- Si el concreto en el que va a usarse el agregado grueso va a estar sujeto a problemas de congelación o deshielo, deberá cumplir con el requisito de resistencia a la desintegración por medio de ataque de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.
- La resistencia mecánica del agregado grueso no será mayor al 50% en el caso de la abrasión y no mayor al 30% en el caso de valor de impacto del agregado (VIA).

B.1. Clasificación de los agregados por su forma

La NTP 400.011 (2020) brinda la siguiente clasificación de los agregados según su forma:

- Redondeado: agregado completamente desgastado por agua o fricción; son ejemplos de este tipo de agregado la grava de río o playa.
- Irregular: agregado naturalmente irregular, o parcialmente moldeado por fricción y con bordes pulidos.
- Laminar: material cuyo espesor es pequeño en relación con las otras 2 dimensiones; la roca laminada es un ejemplo de este tipo de agregado.

- Angular: posee bordes bien definidos formados en la intersección de caras planas; son ejemplos de este agregado las rocas trituradas y escoria triturada.
- Alargada: material angular en el que la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones.

B.1.1. Gravas

Comúnmente llamados "canto rodado", es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la disgregación, natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural. (Abanto Castillo, 2017)

Adicionalmente la NTP 400.037 (2018) las define como el agregado grueso proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándosele corrientemente en canteras y lechos de ríos depositado en forma natural.

Es de resaltar que en este tipo de agregado cada fragmento ha perdido sus aristas y se presentan en forma más o menos redondeadas.

B.1.2. Piedra triturada 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. (Abanto Castillo, 2017)

Según la NTP 400.037 (2018) se denomina piedra chancada al agregado grueso obtenido por trituración artificial o mecánica de rocas, gravas, escorias u otros.

Su función principal es la de dar volumen y aportar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda.

B.2. El tamaño máximo nominal

El tamaño nominal máximo de las partículas es el mayor tamaño del tamiz, listado en la norma aplicable, sobre el cual se permite la retención de cualquier material. (Rivera López, 2020)

Según la norma E.060 (2020), en ningún caso el tamaño máximo nominal del agregado grueso deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimensión, entre caras de encofrados.
- Un tercio de la altura de las losas.
- Tres cuartos de espacio mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Las limitaciones antes mencionadas se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o cangrejeras.

Para una relación agua cemento dada, un incremento en el tamaño máximo, implica una reducción en la resistencia del concreto.

Además, es importante resaltar que, para definir el tamaño máximo del agregado, se debe tener en cuenta que es aquel tamaño de malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más, al pasar por ella el agregado más grueso.

Tabla 3
Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal en pulgadas	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		4" (100 mm)	3 1/2" (90 mm)	3" (75 mm)	2 1/2" (63 mm)	2" (50 mm)	1 1/2" (37,5 mm)	1" (25 mm)	3/4" (19 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/8" (9,5 mm)	N°4 (4,75 mm)	N°8 (2,36 mm)	N°16 (1,18 mm)	N°50 (300 µm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--	--
2	2 1/2" a 1 1/2"	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--	--
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
357	2" a N°4				100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5			
4	1 1/2" a 3/4"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	--	0 a 5	--	--	--	--
467	1 1/2" a N°4					100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--	--
5	1" a 1/2"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--	--
56	1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--	--
57	1" a N°4						100	95 a 100	--	25 a 60	--	0 a 10	0 a 5	--	--
6	3/8" a 3/4"							100	90 a 100	25 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--	--
67	3/4" a N°4							100	90 a 100	--	25 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--
7	1/2" a N°4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--	--
8	3/8" a N°8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	--
89	1/2" a 3/8"									100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9^	N°4 a N°16										100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037 (2018)

2.2.3. Diseño de mezcla

La dosificación o proporcionamiento de una mezcla es el proceso para determinar las cantidades de los componentes del concreto, empleando materiales locales, a fin de lograr las características especificadas. Las principales exigencias del concreto son: la manejabilidad adecuada en estado fresco; la resistencia, durabilidad, densidad y apariencia en estado endurecido; y la economía. (Matallana, 2019)

El método de diseño de mezcla más usado es el dado por el Instituto Americano del Concreto (ACI) mediante la norma ACI 211.1, el cual describe dos métodos para seleccionar y calcular las proporciones para concreto de peso y masa normal. El primer método se basa en un peso estimado de concreto por unidad de volumen (método de los pesos); el segundo se basa en los cálculos de volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto (método de volúmenes absolutos). Dichos procedimientos consideran requisitos como manejabilidad, consistencia, resistencia y durabilidad. (Cordero et al., 2018)

Consideraciones y/o criterios para el diseño de las mezclas

Abanto Castillo (2017) brinda las siguientes consideraciones para un buen diseño de mezcla:

- Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.
- Peso unitario del agregado grueso.
- Peso específico de masa, porcentajes de absorción y humedad: de los agregados a utilizarse.
- Tipo y marca del cemento Portland escogido.
- Peso específico del cemento Portland
- Requerimientos de agua de mezclado, en base a experiencias con los agregados disponibles.

- Relaciones entre la resistencia y la relación agua cemento, para las combinaciones posibles de cemento y agregados.

2.2.4. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del concreto f'_c es el parámetro de referencia más difundido tanto a nivel de diseño estructural cuanto a tecnología del concreto para evidenciar las características resistentes y la calidad de un concreto. Si bien la calidad del concreto abarca un concepto más amplio e integral que la resistencia a la compresión, es innegable que este parámetro reviste importancia primordial ya que sobre él descansan las filosofías de diseño actuales. (Pasquel Carbajal, 2015)

La resistencia de un concreto, normalmente aumenta con la edad. Dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose en una proporción más reducida durante un período de tiempo indefinido. La resistencia a compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo. El mejor método para obtener un criterio sobre calidad, debido a la dispersión de los resultados, es el derivado de consideraciones estadísticas. (Rivera López, 2020)

A. Factores que afectan la resistencia a compresión del concreto

Abanto Castillo (2017) toma en cuenta que la resistencia a compresión del concreto depende de varios factores, entre ellos las cantidades y características de sus componentes, así como el tratamiento del concreto luego de la mezcla; entre los principales factores se tienen:

- **Relación agua – cemento**

Es el factor principal que influye en la resistencia del concreto. A menor relación agua/cemento (a/c), mayor resistencia, más durabilidad y en general mejoran todas las propiedades del concreto endurecido. (Rivera López, 2020)

- **Contenido y tipo de cemento**

La cantidad de cemento en la mezcla, es decir su proporción, es decisiva ya que la resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento; así mismo, según el tipo de cemento usado en la mezcla, variará la rapidez de desarrollo de la resistencia. (Abanto Castillo, 2017).

- **Influencia de los agregados**

La calidad de los agregados es un factor determinante de la resistencia del concreto, las propiedades de los agregados que más influyen en ella son:

- ✓ Tamaño máximo del agregado grueso.
- ✓ La granulometría, materiales bien gradados, producen una mayor densidad.
- ✓ La forma y la textura de los agregados también inciden en la resistencia.
- ✓ La resistencia y rigidez de las partículas del agregado.

- **Condiciones de curado**

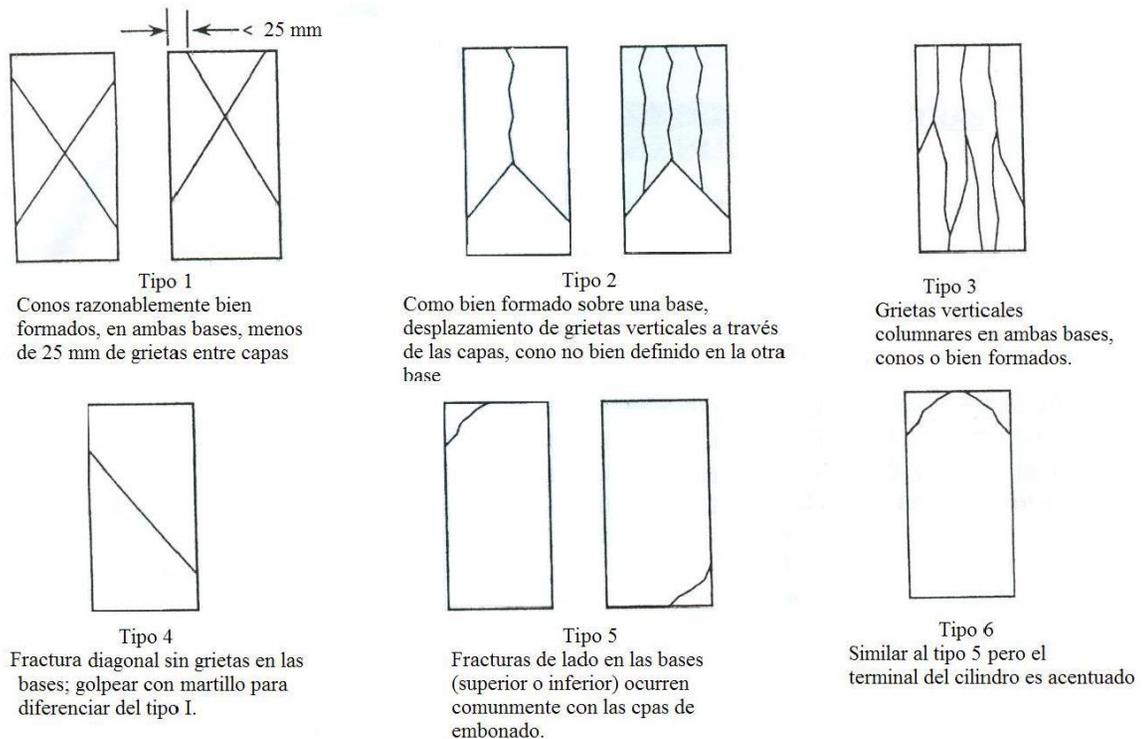
Un factor indirecto, pero no menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características del concreto. (Pasquel Carbajal, 2015)

B. Ensayo de resistencia a la compresión

La norma E.060 (2020) considera como un ensayo de resistencia a compresión al promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas de 6" de diámetro por 12" de altura (150 mm por 300 mm) o de tres probetas cilíndricas de 4" de diámetro por 8" de altura (100 mm por 200 mm) moldeadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f'_c .

Según la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (2015) este ensayo consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados a una velocidad que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla. La resistencia a la compresión del espécimen es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección transversal del espécimen.

Figura 1
Tipos de falla en especímenes de concreto estándar



Fuente: NTP 339.034 (2015)

2.3. Definición de términos básicos

- **Concreto u hormigón:** Material compuesto que consiste esencialmente en un medio ligante dentro del cual hay partículas o fragmentos de agregado, generalmente una combinación de agregado fino y agregado grueso; en el hormigón de cemento Pórtland el ligante es una mezcla de cemento Pórtland y agua. (ACI 116, p 53)
- **Agregado grueso:** Agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N°4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de la roca. (NTP 400.011, p 4)
- **Perfil del agregado:** Se refiere a las características físicas del agregado, como su forma (angular, redondeada), textura superficial (lisa o rugosa), y distribución granulométrica (tamaños y proporciones de las partículas). (Mehta & Monteiro, 2014)
- **Resistencia a la compresión:** Es la capacidad del concreto de soportar cargas axiales de compresión sin fallar. (ASTM C39, 2015)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

3.1.1. Ubicación geográfica de la investigación

La presente investigación tuvo lugar en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”, el cual se encuentra en el edificio 1-C de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) ubicada en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, región Cajamarca. Este laboratorio se encuentra ubicado en las coordenadas UTM 776620.00 E y 9207012.00 N zona 17S del sistema WGS84.

Figura 2

Vista satelital del laboratorio “Carlos Esparza Díaz”



Fuente: Google Eart

3.1.2. Ubicación geográfica de la cantera proveedora de agregados para la investigación

Para esta investigación se hizo uso de agregados tanto fino, como grueso de la cantera “Aguilar”, ubicada en distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, región Cajamarca. Esta cantera se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 779896.00 E y 9208910.00 N zona 17S del sistema WGS84.

Figura 3
Vista satelital de la cantera Aguilar



Fuente: Google Eart

3.2. Época de la investigación

La presente investigación se desarrolló desde el mes de junio del 2024 al mes de agosto del 2024.

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo, nivel y diseño de la investigación

- **Tipo de investigación**

Investigación Aplicada, se basa en conocimientos teóricos para solucionar problemas del campo de la tecnología del concreto.

- **Nivel de investigación**

Investigación correlacional, ya que identifica y cuantifica la relación entre perfil del agregado grueso (variable independiente) y la resistencia compresión del concreto (variable dependiente).

- **Diseño de investigación**

Es no experimental transversal, ya que se analizó la influencia del perfil del agregado grueso (variable independiente) en la resistencia a compresión de concreto (variable dependiente) sin variar las cantidades de diseño; además los datos fueron recopilados en un momento específico.

3.3.2. Variables

- **Dependiente:** Resistencia a la compresión del concreto
- **Independiente:** Perfil del agregado grueso

3.3.3. Población

La población de estudio serán los especímenes de concreto elaborados con agregados con perfil redondeado y angular.

3.3.4. Muestra

El tamaño de muestra se determinó mediante la fórmula siguiente para una población infinita con distribución normal:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

p: Proporción estimada de la población

Z: Valor crítico de la distribución normal para un determinado nivel de confianza

e: Margen de error

Teniendo que, para la presente investigación se tomó un nivel de confianza del 95%, los valores de los Z, p y e se muestran a continuación:

$$Z = 1.96$$

$$p = 97.44\% \text{ (ANEXO N}^\circ\text{07)}$$

$$e = 0.05$$

Reemplazando estos datos en la ecuación, tenemos:

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.9744 \times (1 - 0.9744)}{0.05^2}$$

$$n = 38.33$$

En base al resultado obtenido, se eligió el tamaño de muestra $n = 40$ especímenes de concreto en total, de los cuales 20 fueron elaborados con agregado grueso de perfil angular y 20 con agregado grueso de perfil redondeado, estos se distribuyeron de la siguiente manera para diferentes edades de curado:

Tabla 4

Muestra de estudio

Perfil del agregado grueso	Cantidad por edad			
	7 días	14 días	21 días	28 días
Perfil Redondeado (Canto Rodado)	5	5	5	5
Perfil Angular (Piedra Chancada)	5	5	5	5
Total	40			

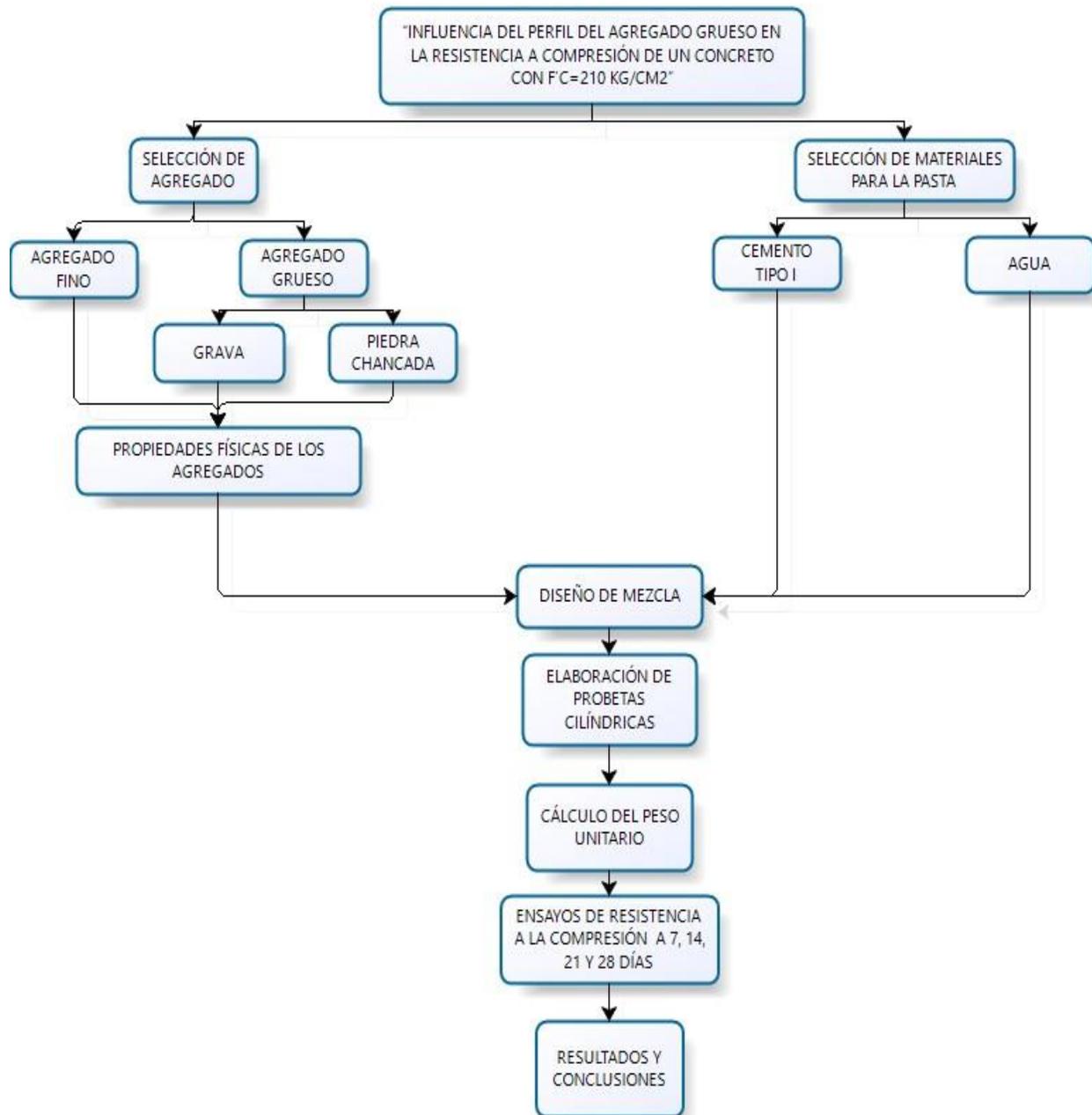
Fuente: Elaboración propia

3.3.5. Unidad de análisis

Influencia del perfil del agregado grueso en la resistencia a compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.3.6. Procedimiento

Figura 4
Diagrama del procedimiento de la investigación



Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

- Observación directa: Se tomaron datos de manera directa mediante la observación de cada ensayo realizado.
- Medición: Se anotaron los datos medidos en cada ensayo realizado.

3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos

- Normas y protocolos como guías para la realización de cada ensayo.
- Fichas de control para obtener resultados de esfuerzo y deformación.

3.4.3. Materiales y equipos

3.4.3.1. Materiales

- Cemento Pacasmayo tipo I
- Agregado fino
- Agregado grueso de perfil angular (piedra chancada)
- Agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado)
- Agua potable

3.4.3.2. Equipos

- Balanza electrónica con aproximación exacta a 1 g y capacidad de 30 kg.
- Balanza electrónica con aproximación exacta a 0,5 g y capacidad de 5 kg.
- Tamices 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N°4 para el agregado grueso
- Tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 para el agregado fino
- Cazoleta
- Horno con temperatura constante de 110° C ± 5°C

- Recipientes para las muestras
- Cesta con malla de alambre con cobertura correspondiente al tamiz N°6 o abertura menor
- Depósito de agua adecuado para sumergir la cesta.
- Picnómetro
- Matraz aforado de 500 cm³
- Molde metálico con forma de tronco de cono, el cual deberá tener 40 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm de altura.
- Barra compactadora de metal de aproximadamente 340 g de peso y con un extremo de superficie plano circular de 25 mm de diámetro.
- Varilla de acero liso para apisonado, debe tener forma redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud.
- Recipiente cilíndrico de metálico de 14,50 cm de diámetro por 18.70 cm de alto.
- Recipiente cilíndrico de metálico de 20,20 cm de diámetro por 21.70 cm de alto
- Máquina de Los Ángeles
- Esferas de acero de aproximadamente 46,8 mm de diámetro, cada una con una masa entre 390 g y 445 g
- Molde metálico con forma de tronco de cono, el cual deberá tener 100 mm de diámetro en la parte superior, 300 mm de diámetro en la parte inferior y 300 mm de altura.
- Plancha metálica de 40 cm x 60 cm
- Wincha

- Moldes metálicos con forma cilíndrica de 6” (15 cm) x 12” (30 cm)
- Martillo de goma
- Trompo de mezclado con capacidad para 210 litros
- Máquina a compresión uniaxial
- Vernier
- Bloques de apoyo de acero

3.4.4. Procedimiento de recolección de datos

3.4.4.1. Selección de agregados y materiales para la pasta

A. Agregado fino y grueso

Los agregados, tanto fino (arena) como grueso (grava y piedra chancada) fueron obtenidos de la cantera “Aguilar”, cuya ubicación se describe en el ítem 3.1.2.

B. Selección de materiales para la pasta

Se usó cemento portland tipo I de la marca Pacasmayo, el cual se adquirió de una ferretería local y cuyas especificaciones técnicas y proforma se anexan en la parte final del presente documento.

Se utilizó agua potable provista por la empresa SEDACAJ, la cual cumple con los requisitos de la NTP 339.088.

3.4.4.2. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Los procedimientos de los ensayos realizados para hallar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados se describen a continuación:

A. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso

Este ensayo se realizó mediante el procedimiento descrito en la NTP 400.012 (2013).

Muestreo:

- La muestra de agregado fino que se usó fue de 500 gr para cada ensayo.
- La muestra de agregado grueso utilizada fue de 5 kg, para un agregado de tamaño máximo nominal de 3/4", tal como lo indica la siguiente tabla.

Tabla 5

Cantidad Mínima de Agregado Grueso Para el Ensayo de Granulometría.

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (600)

Fuente: NTP 400.012:2013

Procedimiento:

- Se secaron las muestras de agregado fino y grueso a una temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se seleccionaron los tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado.
- Se ordenaron y colocan los tamices en orden decreciente de tamaño de abertura.
- Luego se puso la muestra correspondiente sobre el tamiz superior, y se procedió a agitar manualmente.
- Se continuó con el tamizado por cierto periodo de tiempo, hasta que al final durante el transcurso de un minuto no pasaba más del 1% de la masa del material retenido en cada tamiz.
- Finalmente se pesó la masa retenida en cada tamiz.

Cálculo:

Los resultados de este ensayo se expresaron en función de porcentajes, dividiendo la masa retenida en cada tamiz entre la masa total de la muestra, obteniendo así el porcentaje que se retiene en cada tamiz.

El módulo de finura se calculó sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar, y dividiendo esta suma entre 100.

$$MF = \frac{\% \text{Retenido Acumulado (N}^{\circ}100, \text{N}^{\circ}50, \text{N}^{\circ}30, \text{N}^{\circ}16, \text{N}^{\circ}8, \text{N}^{\circ}4, 3/8", 3/4", 1 1/2", 3")}{100}$$

B. Contenido de humedad

Este ensayo se realizó mediante el procedimiento descrito en la NTP 339.185.

Muestreo:

- El tamaño de muestra representativa se tomó de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6

Tamaño de Muestra de Agregado para el Ensayo de Contenido de Humedad.

Tamaño Máximo Nominal de Agregado mm (pulg)	Cantidad Mínima de Muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0,187) (N°4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
25,0 (1)	4,0
37,5 (1 1/2)	6,0
50 (2)	8,0
63 (2 1/2)	10,0
75 (3)	13,0
90 (3 1/2)	16,0
100 (4)	25,0
150 (6)	50,0

Fuente: NTP 339.185:2013

Procedimiento:

- Se determinó la masa de la muestra con una precisión del 0.1%.
- Se secó la muestra al horno a una temperatura controlada de 110° C ± 5°C durante 24 horas.
- Se retiró la muestra del horno, se deja enfriar a temperatura ambiente y se vuelve a pesar.

Cálculo:

Se determinó el contenido de humedad total evaporable mediante la siguiente fórmula:

$$P(\%) = \frac{W - D}{D} \times 100$$

Donde:

P (%) = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

C. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

Este ensayo se realizó mediante el procedimiento descrito en la NTP 400.021 y la ASTM C127.

Muestreo:

Para seleccionar la muestra se utilizó el método del cuarteo, descartando el material que pase por el tamiz 4,75 mm (N°4).

Procedimiento:

- Se secó la muestra a temperatura constante de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ durante 24 horas y luego se ventiló en un lugar fresco a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, hasta que alcanzó una temperatura cómoda al tacto. Inmediatamente después se sumergió la muestra de agregado en agua a temperatura ambiente por 24 ± 4 horas.
- Pasado este tiempo, se removió la muestra del agua y se la hizo rodar sobre un paño grande y absorbente que desapareció toda el agua superficialmente visible, aunque la superficie de las partículas aún parecía húmeda. Se pesó la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.
- A continuación, se colocó la muestra saturada con superficie seca en la cesta con malla de alambre, se sumergió en agua y se determinó su peso.

- Se volvió a secar la muestra a una temperatura constante de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ durante 24 horas y luego se ventiló en un lugar fresco a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas y se pesó.

Cálculo:

- **Peso específico**

Peso específico de la masa (Pem)

$$Pem = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Peso específico de la masa saturada con superficie seca (PeSSS)

$$PeSSS = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

Peso específico aparente (Pea)

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

- **Absorción (Ab)**

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

Donde:

A = Peso en el aire de la muestra secada al horno.

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

C = Peso en agua de la muestra saturada.

D. Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino

Este ensayo se realizó mediante el procedimiento descrito en la NTP 400.022 y la ASTM C128.

Preparación de la muestra:

- Se seleccionó 500 g de muestra por método de cuarteo, se colocó en un recipiente adecuado y se secó en la estufa a una temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Se dejó enfriar y se cubrió el agregado fino con agua, para luego dejarlo reposar por un periodo de $24 \pm 4\text{h}$.
- Prueba de humedad superficial
 - Se extendió la muestra sobre un recipiente plano, amplio y de superficie no absorbente, donde se secará a temperatura ambiente. Se remueve la muestra constantemente para garantizar un secado uniforme.
 - Se colocó el agregado fino suelto parcialmente seco en el molde hasta el tope y se amontonó material adicional por encima del borde superior.
 - Se apisonó el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora, se empezó cada golpe a aproximadamente 5 mm por encima de la superficie superior del agregado, dejando que la barra caiga libremente bajo la acción de la gravedad.
 - Se retiró la arena suelta de la base y se levantó el molde verticalmente, al ver que la muestra mantuvo su forma, se infiere que el material aún está húmedo, por lo que se siguió secando y se volvió a colocar en el molde y apisonando hasta lograr la ligera caída del agregado fino, lo que indica que ha llegado a un estado de superficie seca.

Procedimiento:

- Se llenó el picnómetro parcialmente con agua y se introdujo 500 g de agregado fino de la muestra saturada seca superficialmente, para luego adicionar agua hasta el 90% de la capacidad del recipiente.
- Se procedió a agitar, girar e invertir manualmente el picnómetro para eliminar las burbujas de aire visible.
- Una vez eliminadas todas las burbujas se llevó el nivel del agua en el picnómetro a su capacidad de calibración.
- Se determinó la masa total del picnómetro, el espécimen y el agua.
- Se retiró el agregado fino del picnómetro y se dejó secar en el horno a una temperatura constante de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, pasadas las 24 horas se sacó el material del horno y se enfrió a temperatura ambiente, seguidamente se determinó su masa.
- Se determinó la masa del picnómetro lleno a su capacidad de calibración con agua.

Cálculo:

- **Peso específico**

Peso específico de masa

$$Pe. m. = \frac{A}{B + S - C}$$

Peso específico de masa saturada superficialmente seca

$$Pe. m. (S.S.S.) = \frac{S}{B + S - C}$$

Peso específico nominal o aparente

$$Pe. a. = \frac{A}{B + A - C}$$

- **Absorción**

$$Abs(\%) = \frac{S - A}{A} \times 100$$

Donde:

A = Masa en el aire de la muestra secada al horno.

B = Masa del picnómetro llenado con agua hasta el nivel de calibración.

C = Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta el nivel de calibración.

S = Masa de la muestra saturada superficialmente seca.

E. Ensayo de peso unitario de los agregados

Este ensayo se realizó mediante el procedimiento descrito en la NTP 400.017 y ASTM C29.

Muestreo:

- El tamaño de muestra fue de aproximadamente 125% a 200% de la cantidad necesaria para llenar el recipiente.

Procedimiento peso suelto:

- Se llenó el recipiente hasta el reboce con la pala o cucharón, soltando el agregado desde una altura que no exceda los 50 mm por encima del borde superior.

- Se niveló la superficie del agregado con ayuda de una regla.
- Se pesó el recipiente con el agregado y el recipiente vacío.

Procedimiento peso compactado:

- Se llenó el recipiente con agregado hasta su tercera parte se niveló la superficie.
- Se compactó la primera capa de agregado mediante el apisonado con 25 golpes con la varilla de acero.
- Se volvió a llenar el recipiente con agregado hasta las dos terceras partes de su capacidad, para nuevamente nivelar y apisonar de la forma anteriormente indicada.
- Finalmente se llenó el recipiente sobrepasando su capacidad y se volvió a compactar.
- Se niveló el material con ayuda de una regla y se pesó el recipiente con agregado y el recipiente vacío.

Cálculo:

Con los datos recopilados se determinó el peso unitario suelto y peso unitario compactado mediante la siguiente fórmula:

$$PU = (A - B) \times F$$

Donde:

PU = Peso Unitario

A = Peso de la muestra seca + recipiente

B = Peso del recipiente

F = Factor para el recipiente, 1/m³

F. Ensayo de porcentaje que pasa por el tamiz N°200

Este ensayo se realizó mediante el procedimiento descrito en la NTP 400.018 y ASTM 117.

Muestreo:

El tamaño de muestra a ensayar fue de conformidad con la siguiente tabla:

Tabla 7

Tamaño de muestra mínima de agregado para el ensayo de porcentaje que pasa por el tamiz N°200

Tamaño Máximo Nominal de Agregado	Cantidad Mínima, g
4,75 mm (N°4) o más pequeño	300
Mayor que 4,75 mm (N°4) a 9,5 mm (3/8 pulg)	1 000
Mayor que 9,5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg)	2 500
Mayor que 19 mm (3/4 pulg)	5 000

Fuente: NTP 400.018

Procedimiento:

- Se secó la muestra a una temperatura constante de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Luego de enfriar se pesó la muestra.
- Se colocó la muestra en un recipiente, se adicionó agua suficiente para cubrirla y se agitó con el fin de separar las partículas más finas que el tamiz N°200 de las partículas gruesas, y llevar el material fino a la suspensión.

- Se vertió el agua con los sólidos suspendidos y disueltos en los tamices, colocando el más grueso por encima, evitando la decantación de las partículas más gruesas.
- Se volvió a llenar con agua el recipiente y se repitió el proceso hasta que el agua quedó clara.
- Se retornó el material retenido en los tamices mediante un chorro de agua y secó a temperatura constante de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Finalmente, se pesó la muestra seca luego de dejarla enfriar.

Cálculo:

Se calculó la cantidad de material que pasa por el matiz N°200 con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz N°200 por vía húmeda.

P1 = Masa seca de la muestra original, gramos.

P2 = Masa seca de la muestra luego del lavado, gramos.

G. Ensayo de resistencia a la abrasión

Este ensayo se realizó mediante el procedimiento descrito en la NTP 400.019 y ASTM C131.

Tabla 8

Carga de acuerdo a la gradación de la muestra para ensayo de abrasión.

Gradación	Número de Esferas	Masa de la Carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente: NTP 400.019

Preparación de la muestra:

- Se lavó y secó la muestra (tomada y reducida de acuerdo a la NTP 400.010 y ASTM C702) a peso constante, a $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se separó cada fracción individual y recombino a la gradación de la tabla N°07.
- Se pesó y registró la masa de la muestra previamente al ensayo con aproximación a 1g.

Tabla 9

Gradación de muestras para ensayo de abrasión.

Tamiz mm (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2 pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250±25			
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	1250±25			
19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	1250±10	2500±10		
12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	1250±10	2500±10		
9,5 mm (3/8 pulg)	6,3 mm (1/4 pulg)			2500±10	
6,3 mm (1/4 pulg)	4,75 mm (N°4)			2500±10	
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)				5000±10
Total		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Fuente: NTP 400.019

Procedimiento:

- Se colocó la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y rotó a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones.
- Luego se descargó el material y se realizó la separación preliminar en el tamiz N°12.
- Se tamizó la porción más fina por el tamiz N°12.
- Se lavó el material más grueso a la malla 1,70 mm y se secó al horno a temperatura constante de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Se determinó la masa con una aproximación a 1g.

Cálculo:

Se hizo el cálculo de la pérdida, lo que vendría a ser la diferencia entre la masa inicial y la masa final, como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo.

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100$$

Donde:

De = Porcentaje de desgaste.

Wo = Peso original de la muestra.

Wf = Peso final de la muestra.

3.4.4.3. Diseño de la mezcla

Se hizo el diseño de mezcla para alcanzar una resistencia del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

El procedimiento utilizado para hacer el diseño de mezcla en el presente estudio es el MÉTODO ACI 211.

A. Método ACI 211

La guía ACI 211.1, del Instituto Americano del Concreto nos recomienda una serie de pasos lógicos para el diseño de mezcla del concreto, los cuales se describen a continuación:

Paso 1: Selección del asentamiento o slump

Se seleccionó el asentamiento de nuestra mezcla según la tabla N°08, para este diseño se usó un asentamiento de 3" a 4" (7.5 a 10 cm), que corresponde a una mezcla plástica.

Tabla 10

Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.

Tipos de Construcción	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclopeo	2"	1"

Fuente: Comité ACI 211

Paso 2: Selección del tamaño máximo nominal del agregado

El tamaño máximo nominal seleccionado para el diseño de mezcla de la presente investigación fue de $\frac{3}{4}$ ".

Paso 3: Estimación del contenido de agua y aire en la mezcla

Mediante la Tabla 11 se determinó la cantidad de agua en kg y aire atrapado para un metro cúbico de concreto, para esto se utilizó como datos de entrada al asentamiento y tamaño máximo nominal seleccionados en los pasos 1 y 2 respectivamente.

Tabla 11

Requerimientos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

Asentamiento o SLUMP		Agua, en lt/m ³ de concreto, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y asentamientos indicados.							
		9,5 mm	12,7 mm	19,0 mm	25,4 mm	38,0 mm	50,8 mm	76,0 mm	152,0 mm
cm	pulg.	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO									
2,5 a 5,0	1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5 a 10,0	3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
15,0 a 17,5	6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO									
2,5 a 5,0	1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
7,5 a 10,0	3" a 4"	202	193	184	165	165	157	133	119
15,0 a 17,5	6" a 7"	216	205	197	174	174	166	154	---
Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje		8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Comité ACI 211

Paso 4: Selección de la relación agua-cemento

Previamente a seleccionar la relación agua/cemento, se debe seleccionar la resistencia promedio, que, para este caso, al no tener los datos suficientes para establecer una desviación estándar de la muestra, se utilizó la Tabla 12.

Para el cálculo de la resistencia promedio con la Tabla 12, se utilizó como dato de entrada la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 12

Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Resistencia Especificada a la Compresión		Resistencia Promedio Requerida a la Compresión	
Mpa	Kgf/cm ²	Mpa	Kgf/cm ²
$f'_c < 21$	$f'_c < 210$	$f'_{cr} = f'_c + 7.0$	$f'_{cr} = f'_c + 70$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$210 \leq f'_c \leq 350$	$f'_{cr} = f'_c + 8.5$	$f'_{cr} = f'_c + 85$
$f'_c > 35$	$f'_c > 350$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 5.0$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 50$

Fuente: Comité ACI 211 y E.060 del RNE

Una vez calculado el valor de la resistencia promedio a la compresión requerida (f'_{cr}), que para este tuvo como dato de entrada la resistencia a compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se seleccionó la relación agua/cemento de la Tabla 13.

Tabla 13

Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'_{cr}) (kg/cm ²)*	Relación agua - cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Comité ACI 211

Paso 5: Cálculo del contenido de cemento

Para calcular la cantidad de cemento en un metro cúbico de concreto se usó la cantidad de agua, hallada en el paso 3 y la relación agua/cemento, hallada en el paso 4. La cantidad de cemento en kg resultó de dividir la cantidad de agua entre la relación agua/cemento.

Paso 6: Estimación del contenido de agregado grueso

El volumen de agregado grueso por unidad cúbica de concreto se calculó mediante la Tabla 14, para lo cual se utilizó como datos de entrada el tamaño máximo nominal del agregado grueso, previamente seleccionado en el paso 2, y el módulo de fineza del agregado fino, cuyo valor es resultado del ensayo de granulometría de dicho agregado.

Tabla 14

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza de agregado fino			
	Módulo de fineza del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Comité ACI 211

Para el caso del valor del módulo de fineza del agregado fino en estudio, se tuvo que extrapolar para obtener un resultado más preciso.

Paso 7: Estimación del contenido de agregado fino

Para calcular la cantidad de agregado fino por unidad cúbica de concreto se usó el “Método de los volúmenes absolutos”.

De esta forma, se calcularon los volúmenes de los componentes de la mezcla (agua, aire, cemento y agregado grueso) para un metro cúbico de concreto, dividiendo su peso seco entre su peso específico, cabe resaltar que los pesos de estos componentes ya fueron estimados en los pasos anteriores; una vez teniendo todos los volúmenes, el volumen del agregado fino será igual a la diferencia entre un metro cúbico de concreto y la suma de los volúmenes absolutos de los componentes ya conocidos.

Paso 8: Ajustes por humedad de los agregados

Por lo general los agregados utilizados para la mezcla de concreto se encuentran en estado húmedo, por lo que, dado de se hicieron cálculos con agregados secos, se incrementaron sus pesos en el porcentaje de agua que contengan, absorbida y superficial. De igual manera, el agua de mezcla debe ser reducida o aumentada según la humedad libre aportada por los agregados, considerándose como tal el porcentaje de absorción de los agregados menos su contenido de humedad.

$$A_C = A_D + W_G(Abs_G - H_G) + W_F(Abs_F - H_F)$$

Donde:

A_C : Cantidad de agua corregida

A_D : Cantidad de agua de diseño

W_G : Cantidad de agregado grueso seco requerido para un metro cúbico de concreto

W_F : Cantidad de agregado fino seco requerido para un metro cúbico de concreto

Abs_G : Porcentaje de absorción del agregado grueso

Abs_F : Porcentaje de absorción del agregado fino

H_G : Porcentaje de humedad del agregado grueso

H_F : Porcentaje de humedad del agregado fino

B. Método para hacer coincidir la granulometría del agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado) con el del agregado grueso de perfil angular (piedra chancada)

Con el fin de evaluar que el único factor que influya en la resistencia a compresión del concreto sea el perfil del agregado grueso y teniendo como dato previo la granulometría de la piedra chancada, se procedió a hacer coincidir las granulometrías de ambos agregados; para ello se pasó el canto rodado por los tamices de 3/4", 1/2", 3/8", N°4 y N°8 (mismos que se usaron para la piedra chancada), luego se separó y almacenó el agregado retenido en cada tamiz sin importar el peso. Posteriormente, ya teniendo el diseño de mezcla y calculada la cantidad de agregado grueso para una tanda de concreto, se proporcionó según los porcentajes retenidos en cada tamiz (granulometría de la piedra chancada), la cantidad necesaria de cada tamaño de partícula para completar el peso requerido de agregado grueso (para una tanda). Finalmente se procedió a pesar el canto rodado retenido en cada malla de acuerdo al cálculo anterior, teniendo así las cantidades de cada tamaño de partícula de agregado grueso de perfil redondeado necesarios para una tanda. Este procedimiento lo podemos ver en ANEXO N°02, Tabla 44.

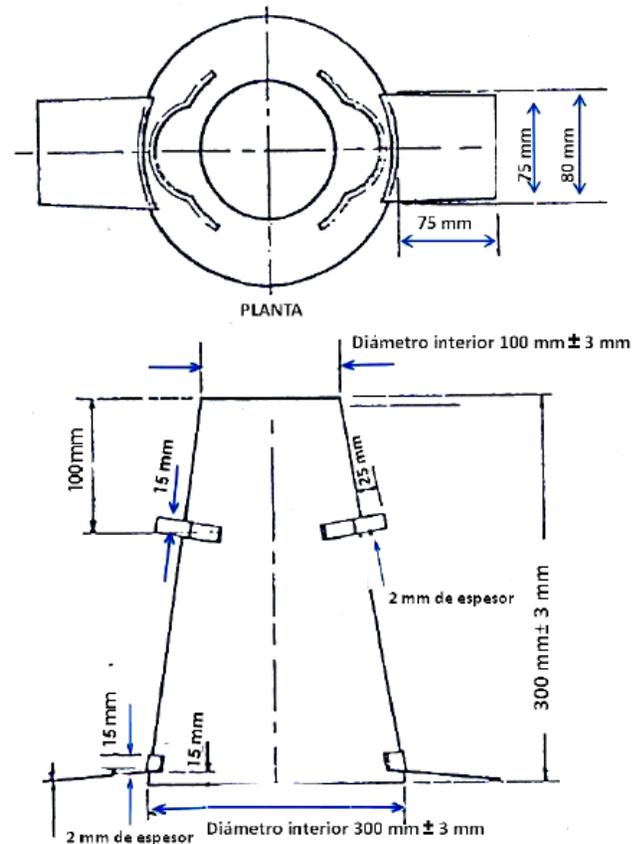
3.4.4.4. Ensayos y procedimientos para el concreto fresco y endurecido

A. Ensayo de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams

Este ensayo se realizó mediante el procedimiento descrito en la NTP 339.035 y la ASTM C143.

Figura 5

Dimensiones del molde para ensayo de asentamiento



Fuente: NTP 339.035

Muestra:

La muestra de concreto fue representativa de la tanda.

Procedimiento:

- Se humedeció el molde cónico y se colocó sobre la plancha metálica.
- Se fijó el molde firmemente en el lugar donde será llenado, pisando con ambos pies las aletas.
- Una vez fijado el molde, con ayuda del cucharón se llenó el molde hasta aproximadamente la tercera parte de su volumen, y se compactó aplicando 25 golpes con la barra metálica.
- A continuación, se llenó el molde hasta las dos terceras partes de su volumen y se volvió a compactar.
- Se terminó de llenar el molde con un exceso para compactar la última capa.
- Una vez lleno el molde y compactada la última capa, se enrasó con ayuda de la varilla metálica; luego se sostuvo con las manos las orejas del molde y se retiraron los pies de las aletas, procediendo a retirar el molde en movimiento ascendente firme en un trascurso de 2 a 5 segundos.
- Inmediatamente después se midió el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y el centro desplazado de la cara superior del cono deformado.

B. Método para la elaboración y curado de especímenes de concreto

El siguiente procedimiento se hizo según lo normado en la NTP 339.183.

Procedimiento:

- Se pesaron los materiales (agua, cemento, agregado fino y agregado grueso) para una tanda de concreto.

- Una vez se tuvieron listos todos los materiales se introdujeron en el trompo, dando inicio al proceso de mezclado.
- Con la mezcla ya homogeneizada y teniendo la consistencia requerida a simple vista, se procedió a verificar el asentamiento de acuerdo a la NTP 339.035.
- Luego de cerciorar que la mezcla de concreto tiene el asentamiento para el cual fue diseñado, se llenaron los moldes en 3 capas, compactando cada capa con la varilla de acero mediante 25 golpes, además, después del varillado, por cada capa se golpearon los moldes con el martillo de goma de 10 a 15 veces para eliminar el exceso de aire atrapado en la mezcla.
- Con los moldes ya llenos, se enrasó y se emparejó la superficie del concreto, posteriormente se registró el peso del concreto más el molde, teniendo como dato previo el peso del molde para así calcular el peso unitario del concreto fresco.
- Los moldes llenos fueron trasladados al lugar de almacenamiento con el cuidado correspondiente.
- Pasadas las 24 horas, se desmoldó el concreto, se numeró cada espécimen y se llevaron a la poza de curado.

C. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto

Este ensayo se realizó mediante el procedimiento descrito en la NTP 339.034 y la ASTM C39.

Especímenes:

El diámetro de ningún espécimen ensayado difirió en más del 2% con respecto al resto de especímenes.

Procedimiento:

- Los especímenes se sacaron de la poza de curado y en estado húmedo serán llevados a la máquina de ensayo.
- Se colocó el bloque de apoyo inferior, luego el espécimen y el bloque de apoyo superior, verificando que el sistema se encuentre lo más centrado posible.
- Se procedió a aplicar la carga hasta la falla del espécimen.
- Finalmente se limpió el sistema para ensayar el siguiente espécimen.

3.5. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados**3.5.1. Tratamiento y análisis de datos**

El tratamiento y análisis de datos se realizó con ayuda del programa Microsoft Excel, en este software se procesaron los datos en tablas y gráficos, necesarios para poder comparar los resultados, tanto de propiedades de los agregados, como del concreto elaborado con piedra chancada y el concreto elaborado con canto rodado.

3.5.2. Presentación de resultados

3.5.2.1. Propiedades físicas de los agregados

Tabla 15
Propiedades físicas de los agregados

PROPIEDAD	Agregado Fino	Agregado Grueso 1	Agregado Grueso 2
Tamaño Máximo Nominal	-	3/4"	3/4"
Perfil del agregado grueso	-	Angular	Redondeado
Peso Específico de Masa	2.504 gr/cm ³	2.594 gr/cm ³	2.611 gr/cm ³
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco	2.563 gr/cm ³	2.628 gr/cm ³	2.639 gr/cm ³
Peso Específico Aparente	2.661 gr/cm ³	2.684 gr/cm ³	2.684 gr/cm ³
Absorción	2.37 %	1.29 %	1.04 %
Peso Unitario Suelto	1468.06 Kg/m ³	1400.99 Kg/m ³	1653.42 Kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1737.83 Kg/m ³	1504.79 Kg/m ³	1696.12 Kg/m ³
Contenido de Humedad	2.88 %	0.57 %	0.53 %
Modulo de Finura	3.03 %	6.73 %	
Abrasión	-	28 %	20 %
% que pasa malla N°200	4.40%	0.14 %	0.06 %
Vacios		41.99 %	35.04 %

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2.2. Diseño de mezcla

Tabla 16
Materiales de diseño corregidos por humedad por m³

Materiales de diseño corregidos por humedad por m ³	
Cemento	368.04 Kg
Agua de Mezcla	207.52 Lts
Agregado Fino	799.38 Kg
Agregado Grueso	903.78 Kg

Tabla 17
Materiales por tanda de 5 probetas

Materiales por tanda de 5 probetas	
Cemento	12.27 Kg
Agua de Mezcla	6.92 Lts
Agregado Fino	26.65 Kg
Agregado Grueso	30.13 Kg

3.5.2.3. Peso unitario del concreto fresco

Tabla 18

Peso unitario del concreto de acuerdo al tipo de agregado grueso usado

Tipo de agregado grueso	Peso unitario promedio del concreto fresco (Kg/m ³)
Perfil angular	2470.97
Perfil redondeado	2474.18

3.5.2.4. Asentamiento o slump del concreto

Tabla 19

Asentamiento en cm por tanda de concreto

Mezcla de concreto en tandas	Concreto A.G. de perfil angular	Concreto con A.G. de perfil redondeado
	Asentamiento (cm)	
Tanda N° 01	9.5	19.5
Tanda N° 02	10.0	19.5
Tanda N° 03	9.5	20.5
Tanda N° 04	7.5	17.5
Promedio	9.125	19.250

Tabla 20

Promedio de asentamiento y variación porcentual de acuerdo al tipo de agregado usado

Descripción	Asentamiento (cm)	Variación
Concreto A.G. de perfil angular	9.125	
Concreto con A.G. de perfil redondeado	19.250	110.96 %

Fuente: Elaboración Propia

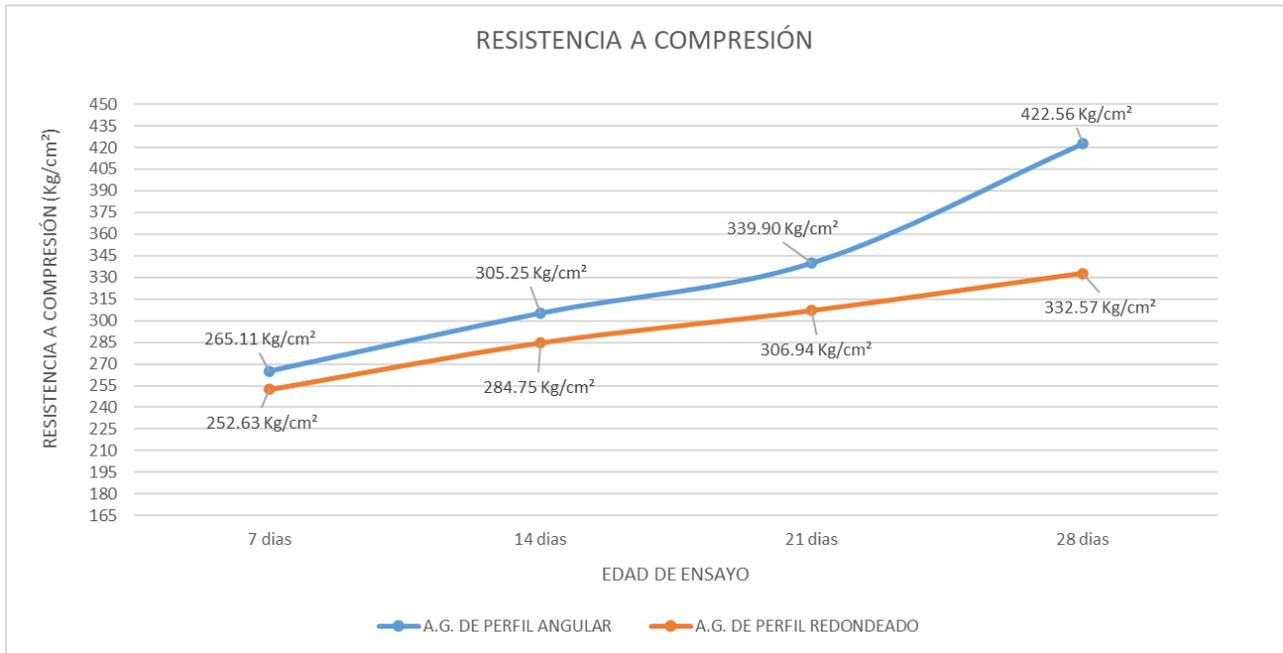
3.5.2.5. Resistencia a la compresión del concreto

Tabla 21
Resistencia a compresión del concreto

Tipo de agregado grueso	Edad de ensayo			
	7 días	14 días	21 días	28 días
A.G. de perfil angular	265.11	305.25	339.90	422.56
A.G. de perfil redondeado	252.63	284.75	306.94	332.57

Fuente: Elaboración Propia

Figura 6
Gráfica comparativa de resistencia a compresión del concreto de acuerdo al tipo de agregado usado



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propiedades de los agregados

El agregado grueso usado en la esta investigación fue de dos tipos, diferenciados por su perfil, para identificar a cada uno no fue necesario mayor análisis ya que la forma y superficie de cada uno se pudo verificar mediante observación directa; teniendo el agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) una forma prismática con bordes bien definidos y una superficie rugosa y el agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado), una forma que se aproxima a un ovoide sin bordes definidos y una superficie lisa.

Según la Tabla 15 las propiedades de los agregados, tanto fino como grueso (de ambos perfiles), se encuentran dentro de los límites establecidos en la NTP 400.037.

La distribución granulométrica del agregado grueso cumple con los requisitos indicados la normativa antes mencionada y se encuentra dentro del Huso 67. Cabe resaltar que, la granulometría evaluada corresponde al agregado grueso de perfil angular, sin embargo, al haber igualado la granulometría del agregado grueso de perfil redondeado al anteriormente mencionado, ambos tipos de agregado grueso compartirían la misma distribución granulométrica. De la misma forma, la granulometría del agregado fino cumple con requisitos granulométricos normados.

Los valores obtenidos para porcentaje de absorción fueron de 1.04% para el agregado de perfil redondeado y de 1.29% para el agregado de perfil angular, esta clara diferencia se debe a la superficie lisa y estructura más compacta del agregado grueso de perfil redondeado.

Según los resultados mostrados, el peso específico, el peso unitario suelto y el peso unitario compactado, el agregado grueso de perfil redondeado tiene un evidente mayor peso que el agregado grueso de perfil angular, esto por su mayor compacidad, producto del proceso erosivo

por el cual pasó para llegar finalmente a esa forma y tamaño, además también se puede atribuir esta diferencia en el peso al mejor acomodo de sus partículas debido a su forma.

Los resultados obtenidos de contenido de humedad muestran que, el porcentaje de contenido de humedad del agregado de perfil angular es similar al del agregado grueso de perfil redondeado, esto debido a que provienen de misma cantera y que las condiciones ambientales durante su estancia en el laboratorio de Ensayo de Materiales fueron las mismas para ambos tipos de agregado.

El módulo de finura del agregado fino calculado fue de 3.03, valor que se encuentra dentro de los límites permisibles (2.3 a 3.1) recomendados por la normativa peruana antes mencionada, asimismo, el módulo de finura del agregado grueso obtenido fue de 6.73, valor que cumple con los requisitos normados.

El resultado del porcentaje de abrasión para ambos tipos de agregado estuvo por debajo del límite de 50%, se debe resaltar que el agregado grueso de perfil redondeado muestra una resistencia a la abrasión mayor en 8% que la obtenida en el agregado grueso de perfil angular.

Los resultados obtenidos del porcentaje de finos que pasa la malla N°200 no excede el 5% recomendado por norma, en ninguno de los agregados en estudio.

4.2. Diseño de mezcla

Teniendo como base las propiedades de los agregados se procedió con diseño de mezcla, para lo cual se utilizó el Método ACI, para un concreto con $f'c=210$ kg/cm², obteniendo los materiales por metro cúbico corregidos por humedad de la Tabla 16, y los materiales para una tanda de 5 probetas mostrados en la Tabla 17.

Los resultados mostrados en las tablas antes mencionadas, se obtuvieron teniendo en cuenta que; con el fin de que el único factor que influya en la resistencia a compresión en esta investigación sea el perfil del agregado grueso, se hizo un único diseño de mezcla para ambos tipos de agregado grueso; al proceder de la misma cantera y estar bajo las mismas condiciones climáticas durante su periodo de almacenamiento, los contenidos de humedad entre ambos tipos de agregado grueso no tuvieron una diferencia significativa, esto favoreció a la investigación ya que solo se consideró el contenido de humedad de la piedra chancada para el cálculo de los materiales húmedos por metro cúbico y por tanda.

4.3. Peso unitario del concreto fresco

La Tabla 18 muestra los resultados del peso unitario promedio del concreto fresco elaborado con agregado grueso de perfil redondeado es superior al del elaborado con agregado grueso de perfil angular, esto se debe al mayor peso que posee el agregado grueso de perfil redondeado. En consecuencia, queda comprobado que el peso del agregado grueso influye directamente en el peso unitario del concreto, en este caso el agregado con mayor peso es el de perfil redondeado.

4.4. Asentamiento o slump del concreto fresco

En la Tabla 19 muestra los asentamientos de concreto para cada tanda de mezclado y para cada tipo de agregado usado, evidenciando una amplia diferencia entre el asentamiento promedio del concreto elaborado con agregado grueso de perfil angular y el del concreto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado, diferencia que en términos porcentuales es del 110.96%, tal como se muestra en la Tabla 20, teniendo en el caso del concreto con agregado grueso de perfil angular una mezcla de consistencia plástica, mientras que en el caso del concreto con agregado

grosso de perfil redondeado, una mezcla de consistencia fluida, se deduce que estos resultados son consecuencia de la baja capacidad de absorción del agregado grosso de perfil redondeado.

4.5. Resistencia a compresión

La Tabla 21 muestra los resultados de la resistencia a compresión promedio del concreto para diferentes edades de curado usando los dos tipos de agregado grosso cuya influencia fue evaluada en esta investigación, se pudo notar que la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado grosso de perfil angular es superior a la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado grosso de perfil redondeado, esto se evidencia aún más en la Figura 6, donde se aprecia que la curva del concreto con piedra chancada en todo momento está por sobre la curva del concreto con canto rodado, principalmente a los 28 días.

El concreto fue diseñado mediante el Método ACI, para una resistencia a compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, pero tal como se puede ver en el ANEXO N°03, paso 4, y como lo indica el método en mención, fue necesario calcular la resistencia a compresión promedio (f'_{cr}), la cual tuvo un valor de 295 kg/cm^2 , es en razón de esta resistencia que se evaluaron las resistencias a compresión alcanzadas por las probetas de concreto.

El concreto elaborado con agregado grosso de perfil angular a los 7 días alcanzó una resistencia promedio de 265.11 kg/cm^2 , mientras que el concreto elaborado con agregado grosso de perfil redondeado alcanzó una resistencia promedio de 252.63 kg/cm^2 , estos valores representan el 89.87% y 85.64% de la resistencia a compresión promedio ($f'_c = 295 \text{ kg/cm}^2$) respectivamente. Se pudo notar que la variación entre ambas resistencias es del 4.71% a favor del concreto que usa agregado grosso de perfil angular. Además, se evidenció que la resistencia a compresión en ambos casos superó el 70% esperado a los 7 días de curado.

Los resultados de resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado grueso de perfil angular, pasados los 14 días de curado, alcanzó una resistencia promedio de 305.25 kg/cm², mientras que el concreto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado alcanzó una resistencia promedio de 284.75 kg/cm², estos valores representan el 103.47% y 96.53% de la resistencia a compresión promedio ($f'_c = 295$ kg/cm²) respectivamente. La diferencia entre ambas resistencias fue del 6.71% a favor del concreto con agregado grueso de perfil angular, siendo este valor superior al obtenido a los 7 días. Adicionalmente, se pudo notar que el concreto elaborado con agregado grueso de perfil angular superó el 100% de la resistencia a compresión promedio para la que fue diseñada, mientras que para el caso del del concreto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado quedó a solo 3.47% de alcanzar dicha resistencia.

A los 21 días de edad de curado el concreto elaborado con agregado grueso de perfil angular obtuvo una resistencia promedio de 339.90 kg/cm², mientras que el concreto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado registró una resistencia promedio de 306.94 kg/cm², estos valores representan el 115.22% y 104.05% de la resistencia a compresión promedio ($f'_c=295$ kg/cm²) respectivamente. Se observó que la variación entre ambas resistencias fue del 9.70% a favor del concreto con agregado grueso de perfil angular, siendo este valor superior al obtenido a los 7 y 14 días.

Finalmente, los resultados de resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado grueso de perfil angular a la edad de 28 días alcanzó una resistencia promedio de 422.56 kg/cm², mientras que el concreto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado alcanzó una resistencia promedio de 332.57 kg/cm², estos valores representan el 143.56% y 112.73% de la resistencia a compresión promedio ($f'_c=295$ kg/cm²) respectivamente. La variación entre ambas resistencias promedio fue del 21.30% a favor del concreto con agregado grueso de perfil angular,

siendo este valor superior a los obtenidos en los ensayos previos. De esto se pudo inferir que; a mayor edad de curado del concreto, mayor es la diferencia entre la resistencia del concreto elaborado con agregado grueso del perfil angular y el elaborado con agregado grueso de perfil redondeado. Cabe destacar que, en ambos casos, el concreto superó con creces la resistencia a compresión promedio para la que fue diseñada, por lo que queda comprobada la calidad del concreto con ambos tipos de agregado.

Después de analizados los resultados, se observó que el concreto a los 28 días tuvo una notable alza con respecto a las anteriores, esto debido a las condiciones climáticas del día de mezclado, ya que los materiales estaban más secos para el momento de mezclado de la última tanda, sin embargo, el asentamiento que se obtuvo estuvo dentro del rango de 3” a 4” para el concreto elaborado con agregado grueso de perfil angular, por lo que se consideró al ensayo como válido; de esta forma también se pudo evaluar la estrecha relación que guarda el asentamiento con la resistencia a compresión. En el caso del concreto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado, las condiciones climáticas fueron similares, por lo que el asentamiento también fue menor en relación a los obtenidos en las anteriores tandas, tal como se muestra en la Tabla 19, se deduce que estas condiciones también contribuyeron en la resistencia a compresión, pero en este caso con menos notoriedad, esto se puede apreciar en la Figura 6.

4.6. Contrastación de hipótesis

Se contrasta y acepta la hipótesis de que la resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² elaborado con agregado grueso de perfil angular varía en más del 15% con respecto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado, siendo superiores los resultados de resistencia a compresión del concreto elaborado con el agregado grueso de perfil angular hasta en un 21.30% a la edad de 28 días de curado.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² elaborado con agregado grueso de perfil angular es superior en 21.30% con respecto al elaborado con agregado grueso de perfil redondeado.
- El peso específico, el peso unitario suelto y el peso unitario compactado son superiores en el agregado grueso de perfil redondeado; el agregado grueso de perfil angular tiene mayor porcentaje de absorción debido a su superficie rugosa; el contenido de humedad fue relativamente similar en ambos debido a su misma procedencia y condiciones climáticas bajo las que se almacenaron; en lo que respecta al porcentaje de finos que pasan la malla N°200, el agregado de perfil redondeado tuvo un menor porcentaje, lo que denota un agregado más limpio; el agregado grueso de perfil redondeado presenta menor desgaste que el agregado de perfil angular, lo que demuestra su mayor resistencia.
- El concreto fresco elaborado con agregado grueso de perfil angular presentó una consistencia plástica con un asentamiento promedio de 9.125 cm, mientras que el concreto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado tuvo una consistencia fluida con un asentamiento promedio de 19.250 cm; esto evidencia mayor trabajabilidad del concreto elaborado con agregado grueso con perfil redondeado.
- El peso unitario promedio del concreto fresco elaborado con agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) fue de 2470.97 kg/m³, mientras que el del concreto elaborado con agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado) fue de 2474.18 kg/m³, siendo superior el segundo.

5.2. Recomendaciones

- En futuras investigaciones hacer un diseño de mezcla con agregado grueso de perfil redondeado y hacer el reemplazo con agregado grueso de perfil angular.
- Realizar investigaciones donde se evalúe la influencia de otras características o propiedades del agregado grueso en las propiedades mecánicas del concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2017). *Tecnología del concreto – Tercera Edición*. Lima, Perú. San Marcos Editores.
- Abril Gil, M.L. y Ramos Sánchez, A.M. (2017). *Identificación de la variación en la resistencia del concreto debido al origen del agregado grueso*. Tesis de pregrado. Bogotá, Colombia. Universidad Católica de Colombia.
- ACI 116 (2010) *Cement and Concrete Terminology*. American Concrete Institute.
- ACI 211 (2016) *Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete*. ACI 211.3R-02, American Concrete Institute.
- ACI. 318 (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. ACI 318-19. American Concrete Institute.
- American Society for Testing and Materials. (2015). *ASTM C39-15: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*. ASTM International.
- Burga Arango, W. (2022). *Influencia de la superficie específica de los agregados; de río y de cerro, en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ en Cajamarca*. Tesis de pregrado. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Burgos Ascoy, D.M. (2019). *Estudio comparativo de la resistencia de compresión y durabilidad del concreto usando agregado grueso de perfil redondeado y agregado grueso de perfil angular*. Tesis de pregrado. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo.
- Contreras Delgado, Weeder (2014). *Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén – Cajamarca*. Tesis de pregrado. Jaén, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.

- Cordero Estévez, G.D., Cárdenas Gutiérrez, J.A. & Rojas Suárez, J.P. (2018). *Diseño de Mezclas de concreto aplicando el método ACI*. Bogotá, Colombia. ECOE Ediciones & Universidad Francisco de Paula Santander.
- Doménech gordillo, m. & Espinoza Barahona, a. (2016). *Determinación de las propiedades físico – mecánicas de los hormigones y morteros utilizando materiales pétreos de las canteras de Pifo y Pomasqui – San Antonio*. Tesis de pregrado. Quito, Ecuador. Pontificia Universidad Católica de Ecuador.
- Estrada Hernández, C.G. y Páez Aldama, R. (2014). *Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto*. Tesis de pregrado. Veracruz, México. Universidad Veracruzana.
- Guillén Flores, Luis & Llerena Tinoco, Idelia (2020). *Influencia de forma, tamaño y textura de los agregados gruesos en las propiedades mecánicas del concreto*. Tesis de pregrado. Lima, Perú. Universidad Ricardo Palma
- ITINTEC. (2019). *ITINTEC 339.088*. Instituto Tecnológico de la Normalización y Certificación.
- Matallana Rodríguez, R. (2019). *El concreto fundamentos y nuevas tecnologías*. Bogotá, Colombia. Corona y Conconcreto
- Maya Soto, J. C., Meza Muñoz, A. O., Beltrán Henao, J. C., & Rojas Manzano, M. A. (2021). *Efecto de los agregados gruesos disponibles en la ciudad de Cali sobre las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia (CAR)*. Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería. <https://doi.org/10.26507/ponencia.2051>
- Mehta, P.K., & Monteiro, P.J.M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. McGraw-Hill Education.

- Mollo Escalante, B.A. y Rosas Lipa, J.L. (2019). *Influencia del agregado grueso sobre las propiedades del concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . Tesis de pregrado. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- NTP 339.034 (2015). CONCRETO. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. 4ª Ed. Lima, Perú.
- NTP 339.035 (2015). HORMIGÓN (CONCRETO). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. 4ª Ed. Lima, Perú
- NTP 400.037 (2015). AGREGADOS. *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. 3ª Ed. Lima, Perú.
- Osorio, Jesús (2024). *Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión*. 360 en Concreto. Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion/>
- Pasquel Carbajal, E. (2015). *Temas de tecnología del concreto – Tercera Edición*. Lima, Perú. Colegio de Ingenieros del Perú.
- Rivera Lopez, G. (2020). *Concreto simple*. Cauca, Colombia. Universidad de Cauca.
- R.N.E (2020). Concreto Armado. E. 060.
- Sanjuán Barbudo, M. A.; Chinchón Yepes, S. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. San Vicente del Raspeig: Publicaciones de la Universidad de Alicante
- Torres Ríos, K.J. (2019). *Evaluación de la influencia en la resistencia del concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando agregado de río o agregado de cerro en Cajamarca*. Tesis de pregrado. Cajamarca, Perú. Universidad Privada del Norte.

ANEXOS

ANEXO N°01: Propiedades de los agregados

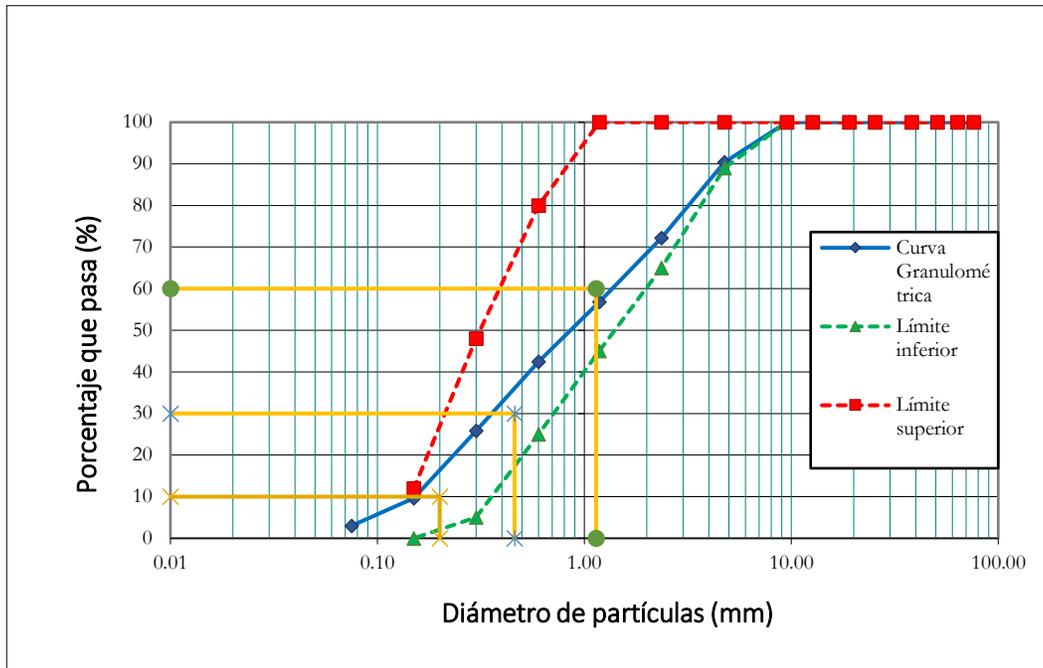
A. Agregado fino

1. Análisis granulométrico

Tabla 22
Distribución granulométrica del agregado fino

Peso muestra seca (Ws)		500.00 gr			
Peso muestra seca < 0.075 mm (malla N°200)		11.00 gr			
Malla	Malla (mm)	P.R.P.	% R.P.	% R.A.	% PASA
N° 4	4.75	48.00	9.60	9.60	90.40
N° 8	2.36	91.00	18.20	27.80	72.20
N° 16	1.18	77.00	15.40	43.20	56.80
N° 30	0.60	72.00	14.40	57.60	42.40
N° 50	0.30	83.00	16.60	74.20	25.80
N° 100	0.15	81.00	16.20	90.40	9.60
N° 200	0.075	33.00	6.60	97.00	3.00
Cazoleta	-	15	3.00	100.00	0.00
TOTAL		500.00			
Módulo de Finura		3.028			

Figura 7
Curva granulométrica del agregado fino



2. Contenido de Humedad

Tabla 23
Contenido de humedad del agregado fino

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la tara	56.00 gr	54.00 gr	55.00 gr
Peso de la tara + muestra húmeda	556.00 gr	554.00 gr	555.00 gr
Peso de la tara + muestra seca	544.00 gr	538.00 gr	541.00 gr
Contenido de Humedad	2.459 %	3.306 %	2.881 %
Contenido de Humedad promedio	2.882 %		

3. Peso Específico y Absorción

Tabla 24

Peso específico y absorción del agregado fino

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la muestra SSS	500.00 gr	500.00 gr	500.00 gr
Peso de la fiola	191.80 gr	191.80 gr	191.80 gr
Peso de la fiola + agua hasta el menisco	689.80 gr	689.80 gr	689.80 gr
Peso de la fiola + agua + muestra	996.80 gr	996.70 gr	996.60 gr
Peso de la muestra secada al horno	488.30 gr	488.50 gr	488.50 gr
Volumen de agua añadida al frasco	305.00 gr	304.90 gr	304.80 gr
Peso Específico de Masa	2.504 gr/cm ³	2.504 gr/cm ³	2.503 gr/cm ³
	2.504 gr/cm³		
Peso Específico de Masa SSS	2.564 gr/cm ³	2.563 gr/cm ³	2.561 gr/cm ³
	2.563 gr/cm³		
Peso Específico Aparente	2.664 gr/cm ³	2.661 gr/cm ³	2.659 gr/cm ³
	2.661 gr/cm³		
Absorción	2.396 %	2.354 %	2.354 %
	2.368 %		

4. Peso Unitario Suelto y Compactado

Tabla 25

Peso específico del agua

Descripción	Valor
Peso de la fiola	167.00 gr
Peso de la fiola + 500 ml de agua	665.00 gr
Volumen de la fiola	500 cm ³
Peso específico del agua	996.00 Kg/m ³

Tabla 26*Factor del molde para agregado fino*

Descripción	Valor
Peso del recipiente + vidrio	5313.00 gr
Peso del recipiente + vidrio + agua	8333.00 gr
Peso del agua	3.02000 Kg
Factor F (1/m ³)	329.801

Tabla 27*Peso unitario suelto del agregado fino*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	3869 gr	3869 gr	3869 gr
Peso del recipiente + muestra suelta	8322 gr	8297 gr	8342 gr
Peso de muestra suelta	4453 gr	4428 gr	4473 gr
Factor F (1/m ³)	329.801	329.801	329.801
Peso Unitario Suelto	1.469 gr/cm ³	1.460 gr/cm ³	1.475 gr/cm ³
Peso Unitario Suelto promedio	1468.06 Kg/m³		

Tabla 28*Peso unitario compactado del agregado fino*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	3869 gr	3869 gr	3869 gr
Peso del recipiente + muestra compactada	9142 gr	9110 gr	9163 gr
Peso de muestra compactada	5273 gr	5241 gr	5294 gr
Factor F (1/m ³)	329.801	329.801	329.801
Peso Unitario Compactado	1.739 gr/cm ³	1.728 gr/cm ³	1.746 gr/cm ³
Peso Unitario Compactado promedio	1737.83 Kg/m³		

5. Cantidad de Material Fino que Pasa por la Malla N°200

Tabla 29:

Material fino que pasa por la malla N°200 en el agregado fino

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la muestra original	500.00 gr	500.00 gr	500.00 gr
Peso de la muestra después de lavado	477.00 gr	479.00 gr	478.00 gr
Peso del material fino que pasa el tamiz N°200	23.00 gr	21.00 gr	22.00 gr
Material fino que pasa el tamiz N°200	4.60%	4.20%	4.40%
Material fino que pasa el tamiz N°200 prome		4.40%	

B. Agregado grueso

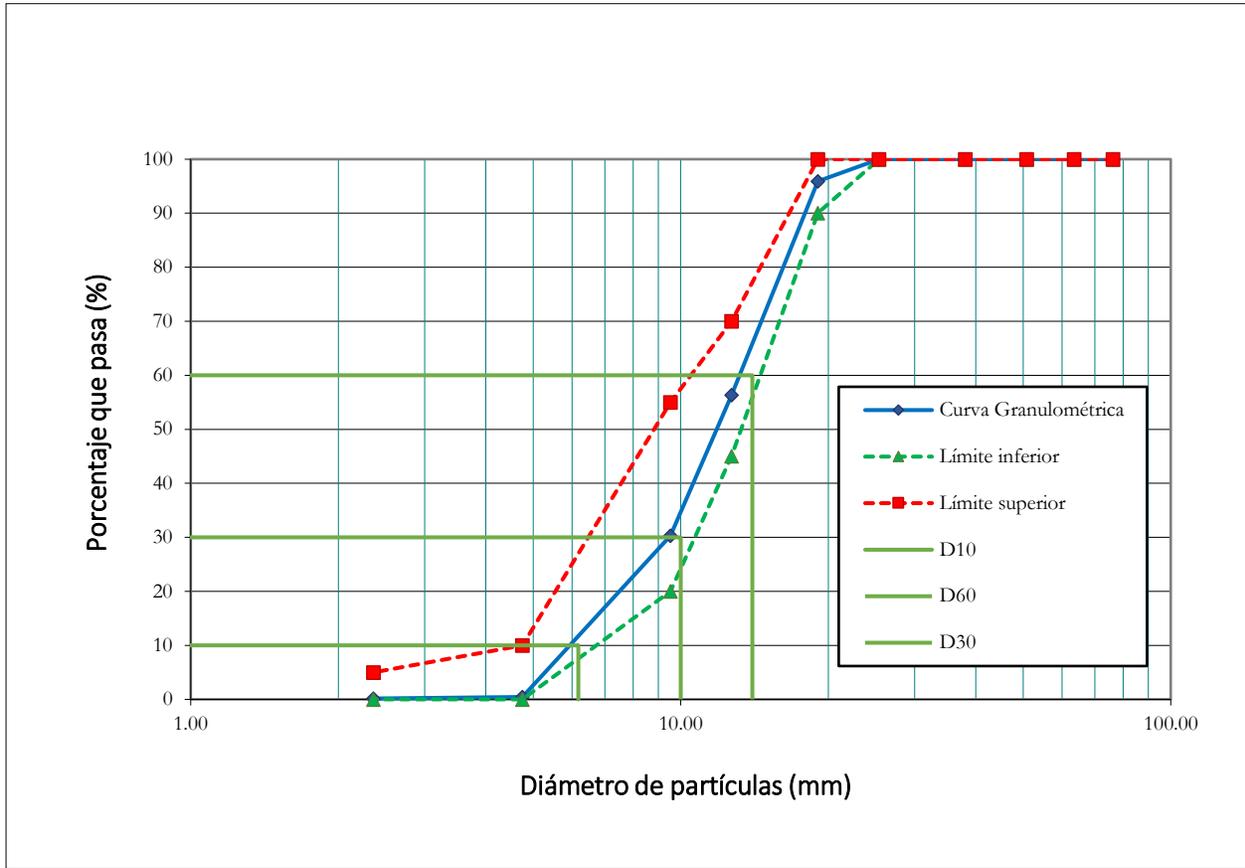
1. Análisis Granulométrico

Tabla 30

Distribución granulométrica del agregado grueso

Peso muestra seca (Ws)			5500.00 gr		
Peso muestra seca < 0.075 mm (malla N°200)			2.00 gr		
Malla	Malla (mm)	P.R.P.	% R.P.	% R.A.	% PASA
¾ "	19.05	224.00	4.07	4.07	95.93
½ "	12.70	2178.00	39.60	43.67	56.33
⅜ "	9.53	1431.00	26.02	69.69	30.31
N° 4	4.75	1644.00	29.89	99.58	0.42
N° 8	2.36	14.00	0.25	99.84	0.16
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.84	0.16
N° 30	0.60	0.00	0.00	99.84	0.16
N° 50	0.30	0.00	0.00	99.84	0.16
N° 100	0.15	0.00	0.00	99.84	0.16
N° 200	0.075	0.00	0.00	99.84	0.16
Cazoleta	-	9.00	0.16	100.00	0.00
TOTAL		5500.00			
Módulo de Finura =			6.725		

Figura 8
Curva granulométrica del agregado grueso



2. Contenido de Humedad

Tabla 31
Contenido de humedad del agregado grueso de perfil angular

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la tara	84 gr	82 gr	83 gr
Peso de la tara + muestra húmeda	3084 gr	3082 gr	3083 gr
Peso de la tara + muestra seca	3063 gr	3069 gr	3066 gr
Contenido de Humedad	0.705 %	0.435 %	0.570 %
Contenido de Humedad promedio	0.57 %		

Tabla 32*Contenido de humedad del agregado grueso de perfil redondeado*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la tara	82 gr	361 gr	244 gr
Peso de la tara + muestra húmeda	3082 gr	3361 gr	3244 gr
Peso de la tara + muestra seca	3066 gr	3342 gr	3232 gr
Contenido de Humedad	0.536 %	0.637 %	0.402 %
Contenido de Humedad promedio	0.53 %		

3. Peso Específico y Absorción**Tabla 33***Peso específico y absorción del agregado grueso de perfil angular*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de muestra SSS	3000 gr	3000 gr	3000 gr
Peso de canastilla sumergida	2196 gr	2196 gr	2196 gr
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	4054 gr	4055 gr	4054 gr
Peso de la muestra sumergida en el agua	1858 gr	1859 gr	1858 gr
Peso de la muestra secada al horno	2962 gr	2961 gr	2962 gr
Peso Específico de Masa	<u>2.594 gr/cm³</u>	<u>2.595 gr/cm³</u>	<u>2.594 gr/cm³</u>
	2.594 gr/cm³		
Peso Específico de Masa SSS	<u>2.627 gr/cm³</u>	<u>2.629 gr/cm³</u>	<u>2.627 gr/cm³</u>
	2.628 gr/cm³		
Peso Específico Aparente	<u>2.683 gr/cm³</u>	<u>2.687 gr/cm³</u>	<u>2.683 gr/cm³</u>
	2.684 gr/cm³		
Absorción	<u>1.283 %</u>	<u>1.317 %</u>	<u>1.283 %</u>
	1.294 %		

Tabla 34*Peso específico y absorción del agregado grueso de perfil redondeado*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de muestra SSS	3000 gr	3000 gr	3000 gr
Peso de canastilla sumergida	2196 gr	2196 gr	2196 gr
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	4058 gr	4060 gr	4059 gr
Peso de la muestra sumergida en el agua	1862 gr	1864 gr	1863 gr
Peso de la muestra secada al horno	2968 gr	2970 gr	2969 gr
Peso Específico de Masa	2.608 gr/cm ³	2.614 gr/cm ³	2.611 gr/cm ³
	2.611 gr/cm³		
Peso Específico de Masa SSS	2.636 gr/cm ³	2.641 gr/cm ³	2.639 gr/cm ³
	2.639 gr/cm³		
Peso Específico Aparente	2.684 gr/cm ³	2.685 gr/cm ³	2.684 gr/cm ³
	2.684 gr/cm³		
Absorción	1.078 %	1.010 %	1.044 %
	1.044 %		

4. Peso Unitario Suelto y Compactado**Tabla 35***Factor del molde para agregado grueso*

Descripción	Valor
Peso del recipiente + vidrio	8579.00 gr
Peso del recipiente + vidrio + agua	15593.00 gr
Peso del agua	7.01400 Kg
Factor F (1/m ³)	142.002

Tabla 36*Peso unitario suelto del agregado grueso de perfil angular*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	7138 gr	7138 gr	7138 gr
Peso del recipiente + muestra suelta	17021 gr	16979 gr	17012 gr
Peso de muestra suelta	9883 gr	9841 gr	9874 gr
Factor F (1/m ³)	142.002	142.002	142.002
Peso Unitario Suelto	1.403 gr/cm ³	1.397 gr/cm ³	1.402 gr/cm ³
Peso Unitario Suelto promedio	1400.99 Kg/m³		

Tabla 37*Peso unitario compactado del agregado grueso de perfil angular*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	7138 gr	7138 gr	7138 gr
Peso del recipiente + muestra compactada	17710 gr	17757 gr	17738 gr
Peso de muestra compactada	10572.00 gr	10619.00 gr	10600.00 gr
Factor F (1/m ³)	142.002	142.002	142.002
Peso Unitario Compactado	1.501 gr/cm ³	1.508 gr/cm ³	1.505 gr/cm ³
Peso Unitario Compactado promedio	1504.79 Kg/m³		

Tabla 38*Peso unitario suelto del agregado grueso con perfil redondeado*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	7138 gr	7138 gr	7138 gr
Peso del recipiente + muestra suelta	18763 gr	18799 gr	18783 gr
Peso de muestra suelta	11625 gr	11661 gr	11645 gr
Factor F (1/m ³)	142.002	142.002	142.002
Peso Unitario Suelto	1.651 gr/cm ³	1.656 gr/cm ³	1.654 gr/cm ³
Peso Unitario Suelto promedio	1653.42 Kg/m³		

Tabla 39*Peso unitario compactado del agregado grueso de perfil redondeado*

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso del recipiente	7138 gr	7138 gr	7138 gr
Peso del recipiente + muestra compactada	18952 gr	19161 gr	19134 gr
Peso de muestra compactada	11814.00 gr	12023.00 gr	11996.00 gr
Factor F (1/m ³)	142.002	142.002	142.002
Peso Unitario Compactado	1.678 gr/cm ³	1.707 gr/cm ³	1.703 gr/cm ³
Peso Unitario Compactado promedio	1696.12 Kg/m³		

5. Cantidad de Material Fino que Pasa por la Malla N°200

Tabla 40

Material fino que pasa por la malla n°200 en el agregado grueso de perfil angular

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la muestra original	3000.00 gr	3000.00 gr	3000.00 gr
Peso de la muestra después de lavado	2996.00 gr	2995.00 gr	2996.00 gr
Peso del material fino que pasa el tamiz N°200	4.00 gr	5.00 gr	4.00 gr
Material fino que pasa el tamiz N°200	0.133 %	0.167 %	0.133 %
Material fino que pasa el tamiz N°200 promedio		0.144 %	

Tabla 41

Material fino que pasa por la malla n°200 en el agregado grueso de perfil redondeado

MUESTRA	M1	M2	M3
Peso de la muestra original	3000.00 gr	3000.00 gr	3000.00 gr
Peso de la muestra después de lavado	2998.00 gr	2998.00 gr	2999.00 gr
Peso del material fino que pasa el tamiz N°200	2.00 gr	2.00 gr	1.00 gr
Material fino que pasa el tamiz N°200	0.067 %	0.067 %	0.033 %
Material fino que pasa el tamiz N°200 promedio		0.056 %	

6. Abrasión

Tabla 42

Porcentaje de abrasión en el agregado grueso de perfil angular

Gradación	Equipo mecánico	N° de esferas	Velocidad (rev./min)	N° de revoluciones	Tamaño máx. nominal	Peso de la muestra
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500	¾ "	5000.00 gr
N° de ensayos				1	2	3
Peso inicial de la muestra secada al horno (Pi)				5000 gr	5000 gr	5000 gr
Peso retenido en la malla N°12 lavado y secado al horno (Pf)				3599 gr	3601 gr	3600 gr
% Desg. = ((Pi - Pf)/Pi)*100				28.02 %	27.98 %	28.00 %
Abrasión % Desgaste promedio					28.00 %	

Tabla 43*Porcentaje de abrasión en el agregado grueso de perfil redondeado*

Gradación	Equipo mecánico	N° de esferas	Velocidad (rev./min)	N° de revoluciones	Tamaño máx. nominal	Peso de la muestra
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500	Cazoleta	5000.00 gr
N° de ensayos				1	2	3
Peso inicial de la muestra secada al horno (Pi)				5000 gr	5000 gr	5000 gr
Peso retenido en la malla N°12 lavado y secado al horno (Pf)				4025 gr	4024 gr	4026 gr
% Desg. = ((Pi - Pf)/Pi)*100				19.50 %	19.52 %	19.48 %
Abrasión % Desgaste promedio					20.00 %	

ANEXO N°02: Método para hacer coincidir la granulometría del canto rodado con la de la piedra chancada

Teniendo la cantidad de agregado grueso para una tanda de 5 probetas y la granulometría del agregado en mención, proporcionaremos la cantidad de agregado grueso para la tanda respecto del porcentaje retenido en cada tamiz, de esta manera se obtendrá la cantidad necesaria de cada tamaño de partícula para una tanda de concreto, estas cantidades que corresponden al agregado grueso de perfil angular se tomarán también para el agregado grueso de perfil redondeado, igualando así las granulometrías.

Tabla 44*Método para hacer coincidir la granulometría de los agregados gruesos*

Malla	% R.P.	AGREGADO GRUESO /TANDA (kg)	CANTIDAD DE PARTÍCULAS /TANDA (kg)
¾ "	4.07	30.13	1.227
½ "	39.60		11.930
⅜ "	26.02		7.838
N° 4	29.89		9.005
N° 8	0.25		0.077
Cazoleta	0.16		0.049
TOTAL			30.13

ANEXO N°03: Diseño de mezcla

1) Elección del asentamiento:

Según la **tabla N°8** se decide diseñar con un asentamiento de **3" a 4"**

2) Elección del tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal de agregado grueso será de **3/4"**

3) Estimación del contenido de agua y aire en la mezcla

Según la **tabla N°9** se estimaron las siguientes cantidades de agua y aire atrapado:

Agua: 205 Lts

Aire: 2%

4) Selección de la relación agua/cemento

Previamente a seleccionar la relación a/c, se calcula la resistencia promedio según

la tabla N°10

$$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = 210 + 85 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = 295 \text{ Kg/cm}^2$$

Teniendo la resistencia promedio a la compresión requerida (f_{cr}), se selecciona la relación a/c según la tabla N°11, interpolando de acuerdo a la resistencia que corresponde

f_{cr}	Relación a/c
250	0.62
295	0.557
300	0.55

5) Cálculo del contenido de cemento

$$\text{Cemento} = \frac{205 \text{ Lt/m}^3}{0.557}$$

$$\text{Cemento} = 368.04 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} = 8.7 \text{ Bolsas/m}^3$$

6) Estimación del contenido de agregado grueso

La cantidad de Agregado Grueso para un metro cúbico de concreto se estimó según la Tabla 14:

Para esto se tuvo como datos de entrada el tamaño máximo nominal del agregado grueso (3/4") y el módulo de fineza del agregado fino (3.028), valor que no se encuentra en la tabla, por lo que fue necesario extrapolar. Como dato de salida se tuvo el Volumen de agregado seco compactado para 1 m³ de concreto.

Módulo de fineza	Vol. A.G. (sc)
2.8	0.62
3	0.600
3.028	0.5972

Luego con el Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso, hallamos su peso en Kg para 1 m³ de concreto.

$$W (AG) = 1504.79 \text{ Kg/m}^3 \quad \times \quad 0.5972\text{m}^3$$

$$W (AG) = 898.66 \text{ Kg}$$

7) Estimación del contenido de agregado fino

Para el cálculo de la cantidad de agregado fino se usará el método de volúmenes absolutos:

Tabla 45

Masa, peso específico y volumen de materiales para un metro cúbico de concreto, sin agregado fino

Materiales	Masa	Peso Específico	Volumen
Cemento	368.04 Kg	3.110 gr/cm ³	0.1183
Agua	205 Lts	1.000 gr/cm ³	0.2050
Aire	0	0	0.0200
Agregado Grueso	898.66 Kg	2.594 gr/cm ³	0.3464
VOLUMEN TOTAL			0.6897

Luego el volumen de Agregado Fino se calcula restando la unidad de volumen de concreto menos el volumen acumulado de los demás materiales.

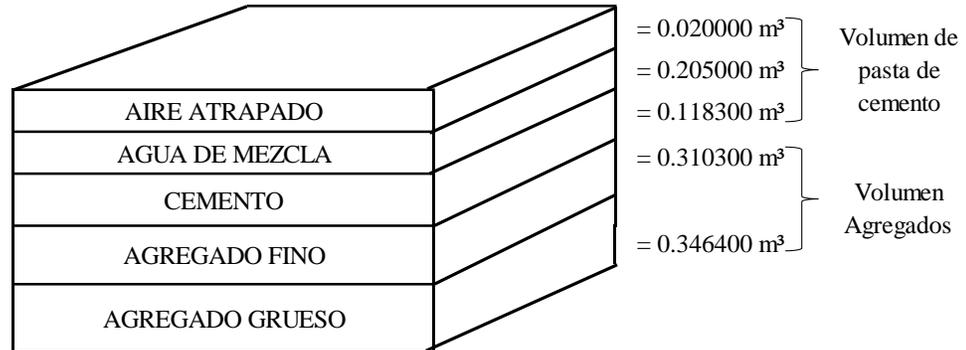
$$\text{Vol. A.F.} = 0.3103 \text{ m}^3$$

$$W (A.F.) = 0.3103 \text{ m}^3 \quad \times \quad 2.504 \text{ gr/cm}^3$$

$$W (A.F.) = 776.99 \text{ Kg}$$

Figura 9

Diagrama de fase volumétrica para un metro cúbico de concreto



8) Ajuste por humedad

	Absorción	Humedad	Aporte de Agua
Agregado Fino	2.37 %	2.88 %	-0.51 Lts
Agregado Grueso	1.29 %	0.57 %	0.72 Lts
Agua Efectiva	207.52 Lts		

Materiales de diseño corregidos por humedad por m3

Cemento	= 368.04 Kg
Agua de Mezcla	= 207.52 Lts
Agregado Fino	= 799.38 Kg
Agregado Grueso	= 903.78 Kg

Proporcionamiento de materiales

En Peso:	1: 2.17: 2.46 / 0.564	1: 2.17: 2.46 / 23.96
En Volumen:	1: 2.16: 2.62 / 23.96	

Materiales por tanda de 5 probetas

Cemento	= 12.27 Kg
Agua de Mezcla	= 6.92 Lts
Agregado Fino	= 26.65 Kg
Agregado Grueso	= 30.13 Kg

ANEXO N°04: Peso unitario del concreto fresco

Tabla 46

Peso Unitario del concreto fresco elaborado con agregado grueso de perfil angular

TANDA	ESPÉCIMEN	MOLDE	PESO C° FRESCO +MOLDE	PESO MOLDE	VOLUMEN MOLDE	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (Kg/m³)
N° 01	PC-01	M-19	21.732	8.688	0.00530145	2460.459
	PC-02	M-09	21.694	8.614		2467.250
	PC-03	M-20	21.630	8.586		2460.459
	PC-04	M-16	21.330	8.128		2490.262
	PC-05	M-17	21.529	8.553		2447.632
N° 02	PC-06	M-03	21.627	8.603		2456.686
	PC-07	M-14	21.505	8.609		2432.542
	PC-08	M-12	21.671	8.856		2417.263
	PC-09	M-18	21.680	8.577		2471.588
	PC-10	M-02	21.696	8.540		2481.585
N° 03	PC-11	M-05	21.706	8.563		2479.133
	PC-12	M-15	21.638	8.602		2458.950
	PC-13	M-13	21.640	8.539		2471.211
	PC-14	M-11	21.886	8.556		2514.406
	PC-15	M-07	21.737	8.632		2471.965
N° 04	PC-16	M-01	21.737	8.549		2487.621
	PC-17	M-10	21.672	8.529		2479.133
	PC-18	M-06	21.696	8.580		2474.040
	PC-19	M-04	21.890	8.614		2504.221
	PC-20	M-08	21.816	8.599		2493.092
PROMEDIO						2470.97

Tabla 47*Peso unitario del concreto fresco elaborado con agregado grueso de perfil redondeado*

TANDA	ESPÉCIMEN	MOLDE	PESO C° FRESCO +MOLDE	PESO MOLDE	VOLUMEN MOLDE	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (Kg/m³)
N° 01	CR-01	M-10	21.643	8.529	0.00530145	2473.663
	CR-02	M-02	21.778	8.540		2497.053
	CR-03	M-03	21.765	8.603		2482.717
	CR-04	M-04	21.733	8.614		2474.606
	CR-05	M-05	21.597	8.563		2458.573
N° 02	CR-06	M-06	21.753	8.580		2484.792
	CR-07	M-07	21.839	8.632		2491.205
	CR-08	M-08	21.777	8.599		2485.735
	CR-09	M-09	21.705	8.614		2469.324
	CR-10	M-01	21.622	8.549		2465.929
N° 03	CR-11	M-11	21.641	8.556		2468.193
	CR-12	M-12	21.714	8.856		2425.374
	CR-13	M-13	21.601	8.539		2463.854
	CR-14	M-14	21.548	8.609		2440.653
	CR-15	M-15	21.697	8.602		2470.079
N° 04	CR-16	M-16	21.333	8.128		2490.828
	CR-17	M-17	21.635	8.553		2467.627
	CR-18	M-18	21.840	8.577		2501.768
	CR-19	M-19	21.893	8.688		2490.828
	CR-20	M-20	21.738	8.586		2480.831
PROMEDIO						2474.18

ANEXO N°05: Resistencia a Compresión del Concreto

Tabla 48

Resultados del ensayo de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas de concreto elaboradas con agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) y agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado) a edades de 7 y 14 días.

Descripción	Edad (días)	Muestra	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Altura promedio (mm)	Carga de Ruptura (Kg)	Carga de Ruptura Promedio (Kg/cm ²)	f'c máx. (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	% f'cr	Tipo de falla	Variación	Desviación Estándar
Concreto con piedra chancada	7	PC-01	15.230	182.183	302.50	48489		266.15			5		
		PC-02	15.205	181.570	303.33	47859		263.58			5		
		PC-03	15.185	181.108	302.50	49080	48174	271.00	265.11	89.87 %	5		5.27
		PC-04	15.223	182.008	303.33	48742		267.80			5		
		PC-05	15.210	181.705	301.67	46699		257.01			5		
Concreto con canto rodado	7	CR-01	15.214	181.793	302.67	45693		251.35			5		
		CR-02	15.243	182.479	303.17	45626		250.04			5		
		CR-03	15.240	182.415	302.00	45441	45935	249.11	252.63	85.64 %	5	4.71 %	3.80
		CR-04	15.172	180.798	302.17	46739		258.51			5		
		CR-05	15.210	181.705	301.50	46175		254.12			5		
Concreto con piedra chancada	14	PC-06	15.280	183.374	302.33	56192		306.43			5		
		PC-07	15.167	180.663	301.33	56674		313.70			5		
		PC-08	15.212	181.737	300.83	55596	55579	305.91	305.25	103.47 %	5		5.80
		PC-09	15.264	182.990	301.83	54542		298.06			5		
		PC-10	15.210	181.689	301.83	54892		302.12			5		
Concreto con canto rodado	14	CR-06	15.307	184.030	303.67	52234		283.83			5		
		CR-07	15.221	181.952	303.83	52006		285.82			5		
		CR-08	15.304	183.942	301.83	51978	52005.52	282.58	284.75	96.53 %	4	6.71 %	5.08
		CR-09	15.195	181.339	30.35	50572		278.88			5		
		CR-10	15.220	181.928	30.15	53238		292.63			5		

Tabla 49

Resultados del ensayo de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas de concreto elaboradas con agregado grueso de perfil angular (piedra chancada) y agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado) a edades de 21 y 28 días.

Descripción	Edad (días)	Muestra	Ø Promedio (cm)	Área (cm ²)	Altura promedio (mm)	Carga de Ruptura (Kg)	Carga de Ruptura Promedio (Kg/cm ²)	f'c máx. (Kg/cm ²)	f'c Promedio (Kg/cm ²)	% f'cr	Tipo de falla	Variación	Desviación Estándar
Concreto con piedra chancada	21	PC-11	15.217	181.872	301.17	60376		331.97			5		
		PC-12	15.224	182.024	301.83	60805		334.05			5		
		PC-13	15.231	182.191	301.17	62176	61844.60	341.27	339.90	115.22 %	4		6.63
		PC-14	15.217	181.857	302.00	62898		345.87			5		
		PC-15	15.215	181.809	301.83	62967		346.34			5		
Concreto con canto rodado	21	CR-11	15.285	183.502	301.67	56125		305.86			5		
		CR-12	15.230	182.175	301.00	55780		306.19			5		
		CR-13	15.211	181.721	301.83	56942	55952.57	313.35	306.94	104.05 %	2	9.70 %	3.74
		CR-14	15.229	182.143	301.33	55278		303.49			6		
		CR-15	15.219	181.920	301.67	55638		305.84			4		
Concreto con piedra chancada	28	PC-16	15.257	182.814	301.33	77000		421.19			6		
		PC-17	15.234	182.279	302.33	77000		422.43			5		
		PC-18	15.273	183.214	301.17	77500	77120.00	423.00	422.56	143.24 %	4		1.03
		PC-19	15.206	181.610	304.17	77000		423.99			4		
		PC-20	15.249	182.630	303.83	77100		422.16			4		
Concreto con canto rodado	28	CR-16	15.211	181.713	302.17	61000		335.69			2		
		CR-17	15.137	179.949	302.50	61500		341.76			4		
		CR-18	15.430	187.000	302.00	61000	61000.00	326.20	332.57	112.73 %	2	21.30 %	6.24
		CR-19	15.258	182.838	301.17	60500		330.89			4		
		CR-20	15.381	185.814	300.50	61000		328.29			5		

ANEXO N°06: Gráficas de esfuerzo vs deformación de especímenes de concreto ensayados a compresión

Figura 10
Gráfica esfuerzo vs deformación - espécimen PC - 17 a los 28 días

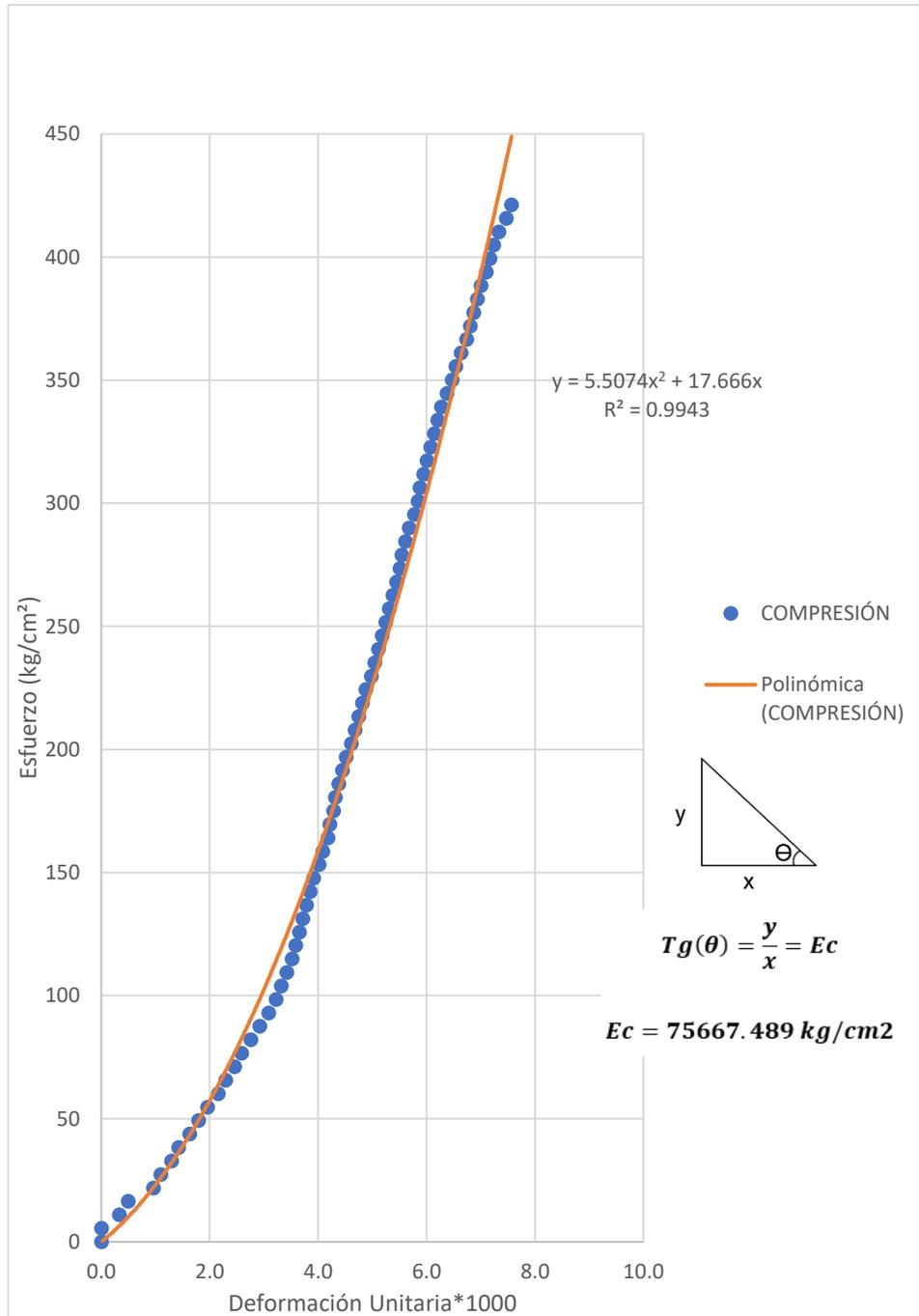


Figura 11

Gráfica esfuerzo vs deformación - espécimen PC - 18 a los 28 días

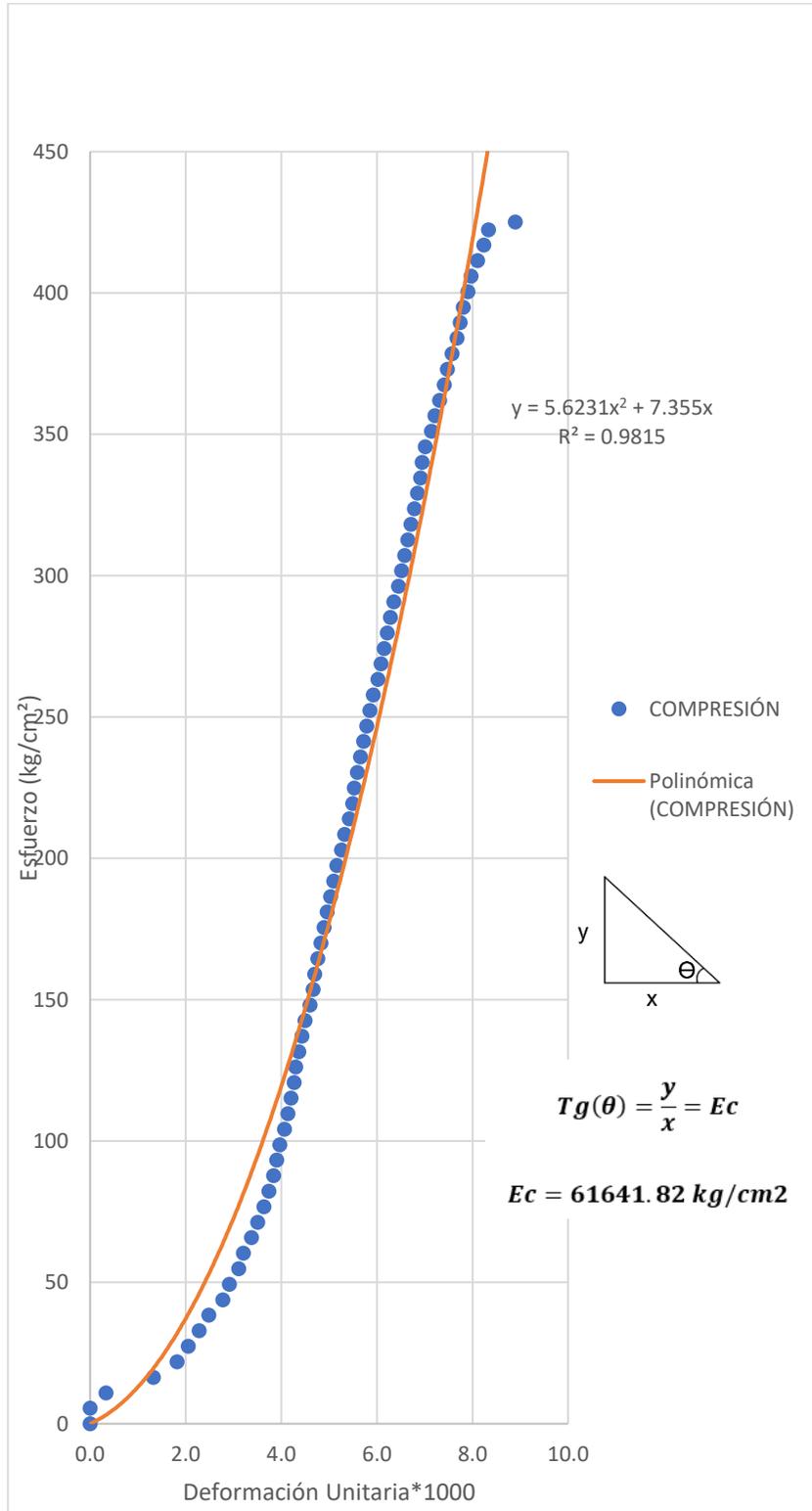


Figura 12

Gráfica esfuerzo vs deformación - espécimen CR - 16 a los 28 días

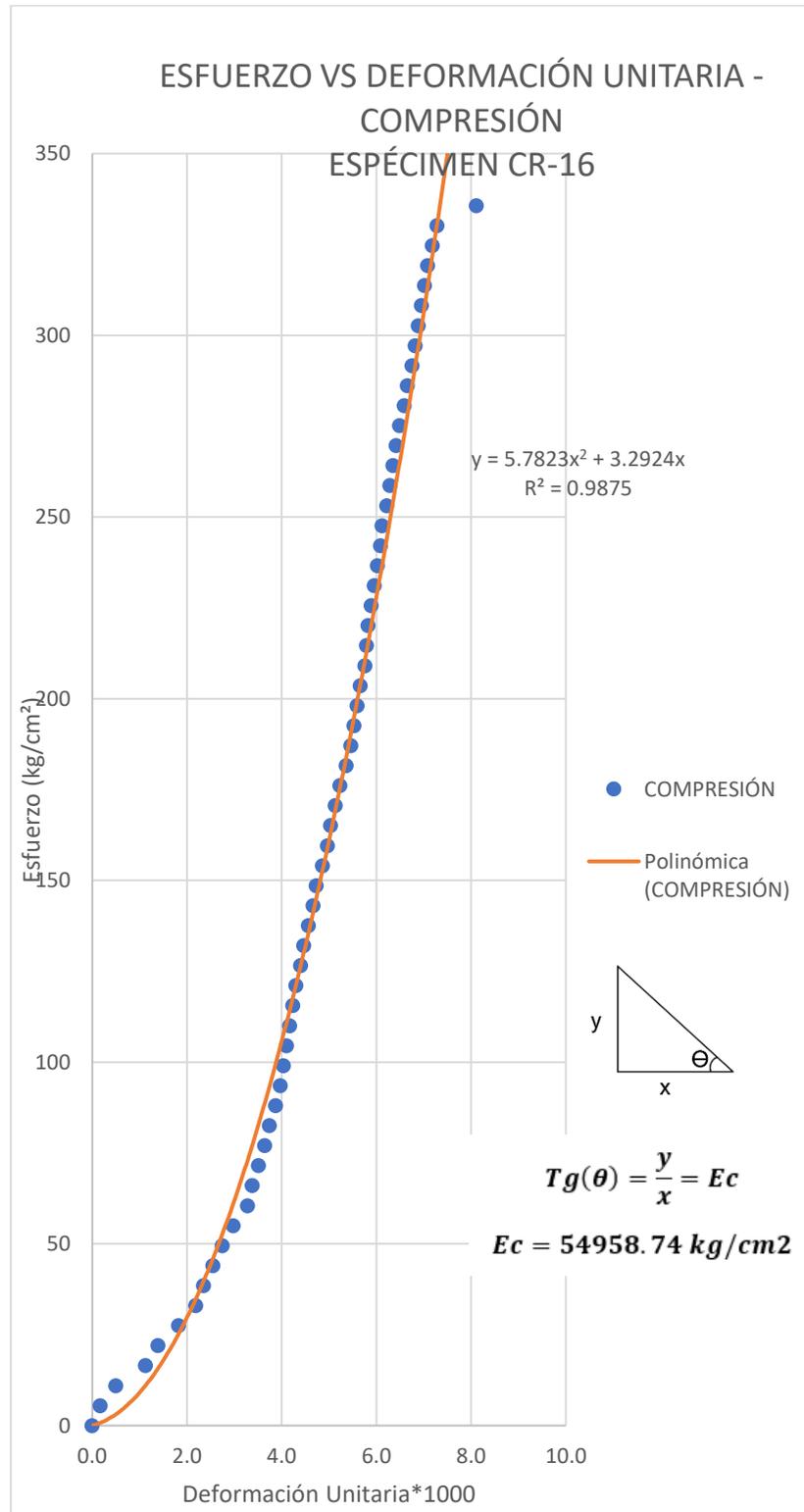
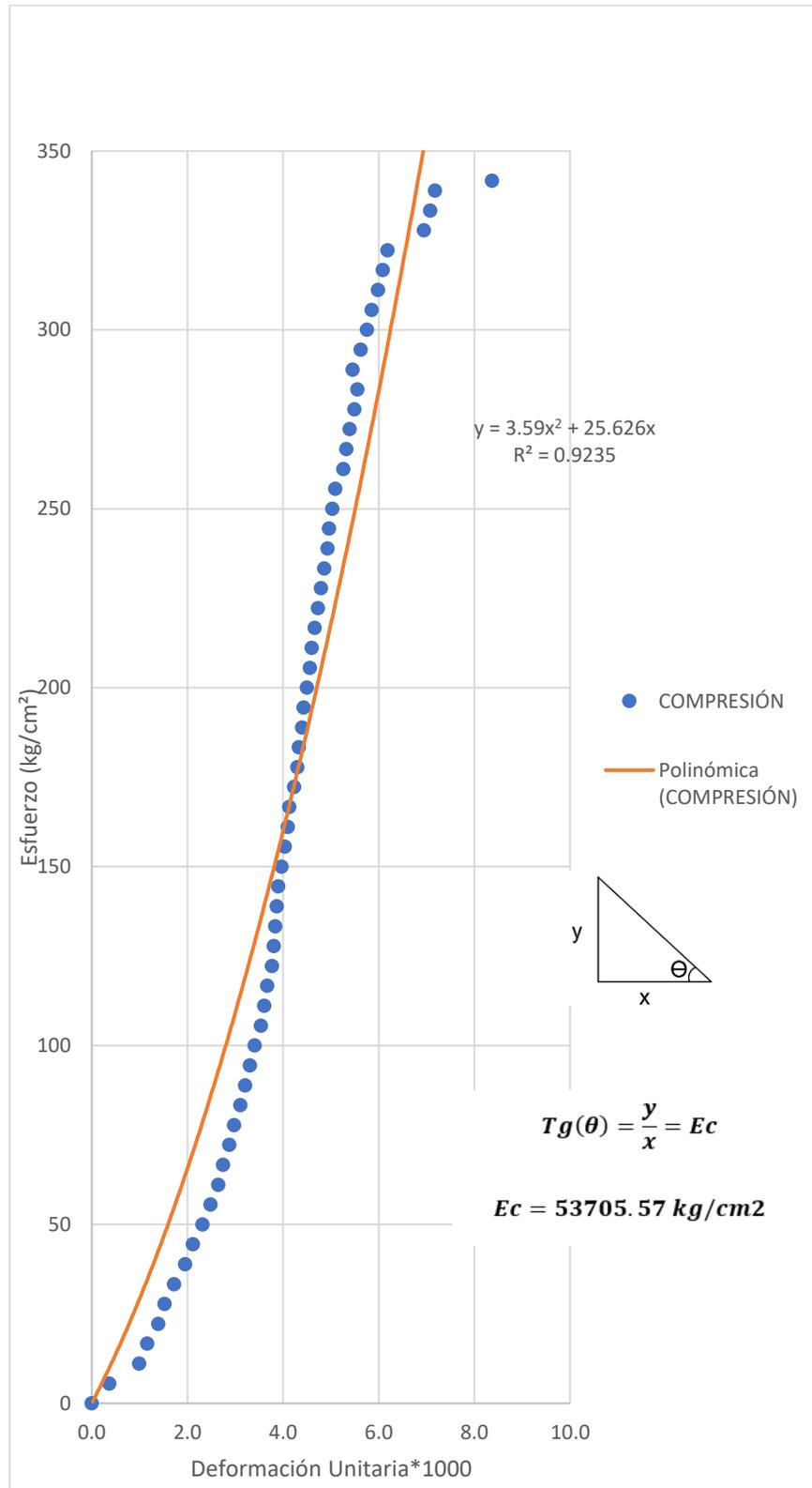


Figura 13
Gráfica esfuerzo vs deformación - espécimen CR - 17 a los 28 días



ANEXO N°07: Tabla de distribución normal para la estimación del valor “p”

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

ANEXO N°08: Ficha técnica del cemento Pacasmayo tipo I



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
 Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
 Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
 Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
 Versión 03

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
 Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.
 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.
 (*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
 Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

ANEXO N°09: Constancia de uso del laboratorio de ensayo de materiales



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

CONSTANCIA

A nombre del Bach. ROGHER NOLBERTO BAUTISTA BARDALES, Exalumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, que se han realizado las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo contenido de humedad
02	Ensayo análisis granulométrico
03	Ensayo peso unitario suelto y compactado
04	Ensayo peso específico
05	Ensayo de absorción
06	Ensayo material más fino que pasa el tamiz 200
07	Ensayo de resistencia a la degradación, por abrasión e impacto
08	Elaboración de especímenes de concreto
09	Ensayo a compresión muestras cilíndricas

Para la Tesis Titulada: "INFLUENCIA DEL PERFIL DEL AGREGADO GRUESO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ ". Las actividades se desarrollaron del 04 de junio al 02 de agosto 2024.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 28 de agosto de 2024.

Atentamente:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Cesarón Vargas
JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

c.c. a:
_Archivo

ANEXO N°10: Panel fotográfico

Figura 14

Obtención de agregados de la cantera Aguilar



Figura 15

Ensayo de granulometría del agregado fino



Figura 16
Ensayo de granulometría del agregado grueso



Figura 17
Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso



Figura 18

Ensayo de abrasión del agregado grueso en Máquina de los Ángeles



Figura 19

Prueba de asentamiento en concreto con agregado grueso de perfil angular (piedra chancada)



Figura 20

Elaboración de probetas cilíndricas de concreto con piedra chancada



Figura 21

Agregado grueso de perfil redondeado separado por tamaño de partícula



Figura 22

Prueba de asentamiento en concreto con agregado grueso de perfil redondeado (canto rodado)



Figura 23

Ensayo de resistencia a compresión a los 28 días

