TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2026

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : _____
Dr. RONALD MADERA TERÁN

PRIMER MIEMBRO : _____
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO : _____
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS : _____
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 0319-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de mayo del 2026

VISTO: El expediente **N° 2026-CU-004305** presentado por el (la) Bachiller: **SALVADOR HUANCA MAMANI** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **SALVADOR HUANCA MAMANI,** quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

* **Presidente** : Dr. RONALD MADERA TERÁN
* **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
* **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. – RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.**

ARTICULO TERCERO. – APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **SALVADOR HUANCA MAMANI;** del informe final de la investigación (tesis) titulada: **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.** de acuerdo al siguiente detalle:

* **FECHA** : Jueves 04 de junio del 2026
* **HORA** : 08:00 hr
* **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2026
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 0094-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 28 de enero del 2026

VISTO: El expediente **N° 2025-CU-013965** por el señor (a): **SALVADOR HUANCA MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – **N° 0022-2026**-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato **N° 012 - 2026** del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **SALVADOR HUANCA MAMANI,** ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Leonel Suasaca Pelinco** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 012 - 2026 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria Nº 30220, ley de creación de la UANCV Nº 23738 y modificatoria Nº 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN,** presentado por el señor (a): **SALVADOR HUANCA MAMANI,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES,** en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2026
interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1310-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 20 de octubre del 2025

VISTO: El expediente **N° 2025-CU-9590**, presentado por el señor (a) **SALVADOR HUANCA MAMANI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO – **N° 966-2025**-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato **N° 142 - 2025** del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **SALVADOR HUANCA MAMANI** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 142 - 2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2025.**

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **SALVADOR HUANCA MAMANI,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES.**

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y Cs. PURAS
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS UANCV

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS DIRECTOR JULIACA

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

SALVADOR HUANCA MAMANI

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CO...

Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::13016:606629913

Fecha de entrega
9 jul 2026, 8:52 GMT-5

Fecha de descarga
9 jul 2026, 9:15 GMT-5

Nombre del archivo
T036_74851430_T.docx

Tamaño del archivo
5.3 MB

163 páginas

23.199 palabras

131.039 caracteres

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

14%	Fuentes de Internet
3%	Publicaciones
17%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Metadatos Complementarios UANCV

Título de la tesis	
ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	SALVADOR HUANCA MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74851430
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-8205-8509
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	RONALD MADERA TERÁN
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02429150
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de materiales – P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: San Miguel - Latitud: S 15° 24′ 30.79′′ - Longitud: O 70° 07′ 27.99′′  https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1plZmC24nPx7N2i3bJngXyA5wNpfMWQY&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2025 – Junio 2026
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.01

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ – FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS – DIRECTOR – JULIACA-PERÚ

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo SALVADOR HUANCA MAMANI, identificado con DNI Nro. 74851430, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL,

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación,** ☐ **Trabajo Académico** denominada:

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL - 2025

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 30 de JUNIO del 2026

Firma del Asesor (obligatoria)	Firma del Estudiante (obligatoria)	Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional, su esfuerzo y su confianza en mí.

A mis hermanos, por el apoyo y las risas que hicieron más llevadero este camino.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a dios, a mis familiares, asesor de la UANCV por ser el "cemento" que unió las ideas y le dio consistencia a esta investigación.

Al personal del Laboratorio de Ensayo de Materiales de, por su apoyo en cada rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTOS ii

CONTENIDO GENERAL iii

CONTENIDO DE TABLAS vii

CONTENIDO DE FIGURAS ix

RESUMEN x

ABSTRACT xi

INTRODUCCIÓN xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la realidad problemática 15

1.1.1. Problema general 17

1.1.2. Problemas específicos 17

1.2. Justificación de la investigación 18

1.2.1. Técnica 18

1.2.2. Económica 18

1.2.3. Social 18

1.2.4. Práctica 19

1.3. Objetivos 19

1.3.1. Objetivo general: 19

1.3.2. Objetivos específicos: 19

1.4. Hipótesis 20

1.4.1. Hipótesis general: 20

1.4.2. Hipótesis específicas: 20

1.5. Variables e indicadores 20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación 22

2.1.1. internacionales 22

2.1.2. Nacionales 25

2.1.3. Locales 28

2.2. Marco teórico 31

2.2.1. Concreto 31

2.2.2. Componentes del concreto 33

2.2.3. Propiedades del concreto 55

2.2.4. Diseño de mezcla 64

2.3. Marco conceptual 66

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación 70

3.2. Nivel de investigación 70

3.3. Tipo de Investigación 71

3.4. Diseño de investigación 71

3.5. Población y muestra 71

3.6. Técnicas e instrumentos 73

3.6.1. Procedimiento experimental 74

3.6.2. Diseño de Mezcla 87

3.6.3. Asentamiento del concreto 88

3.6.4. Elaboración de probetas 90

3.6.5. Ensayo a la resistencia a la compresión 92

3.7. Método de análisis de datos 94

3.8. Aspectos éticos 94

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. presentación de resultados 96

4.1.1. Propiedades físicas 96

4.1.2. Propiedades mecánicas.....98

4.1.3. Diseño de mezclas 99

4.1.4. Verificación de la trabajabilidad del concreto por el método del cono de abrams.....102

4.1.5. Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto f'c = 210 kg/cm² con variación del tamaño máximo nominal del agregado 103

4.1.5.1. Resultados promedios obtenidos a compresión del concreto 7, 14 y 28 días 104

4.2. Discusión de resultados.....113

CONCLUSIONES 116

RECOMENDACIONES 118

BIBLIOGRAFÍA 119

ANEXOS 126

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 21

Tabla 2 Componentes del cemento portland 36

Tabla 3 Valores de la composición de los componentes de cementos portland 38

Tabla 4 Límites granulométricos para el agregado grueso –Norma ASTM 51

Tabla 5 Límites permisibles para agua de mezcla y de curado 54

Tabla 6 Clasificación de la consistencia del concreto de acuerdo al asentamiento..... 58

Tabla 7 Condiciones generales para Diseño de Mezclas 65

Tabla 8 Parámetros para un Diseño de Mezclas 66

Tabla 9 Número de especímenes de concreto 72

Tabla 10 Resultados de las propiedades físicas de la cantera Unocolla 96

Tabla 11 Resultados de las propiedades mecánicas de la cantera Unocolla .. 98

Tabla 12 Dosificación de concreto según el tamaño máximo nominal del agregado (1½") 99

Tabla 13 Dosificación de concreto según el tamaño máximo nominal del agregado (1") 100

Tabla 14 Dosificación de concreto según el tamaño máximo nominal del agregado (3/4") 101

Tabla 15 resultados obtenidos de la trabajabilidad del concreto 102

Tabla 16 Evaluación del comportamiento a compresión del concreto: variaciones obtenidas frente tamaño máximo nominal (1 ½) 104

Tabla 17 Evaluación del comportamiento a compresión del concreto: variaciones obtenidas frente tamaño máximo nominal (1”)..... 106

Tabla 18 Evaluación del comportamiento a compresión del concreto: variaciones obtenidas frente tamaño máximo nominal (3/4")..... 108

Tabla 19 Evaluación del comportamiento a compresión del concreto: variaciones obtenidas frente tamaño máximo nominal 110

Tabla 20 Presente investigación vs. antecedentes de mayor similitud metodológica..... 113

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Proporción típica de los componentes del concreto 33

Figura 2 Representación esquemática de la humedad en el agregado 45

Figura 3 Tipos de aditivos para el concreto 55

Figura 4 Tipos de fallas del concreto 63

Figura 5 Traslado del agregado 75

Figura 6 Muestras en el horno 77

Figura 7 Absorción del agregado grueso 78

Figura 8 Peso específico del agregado fino 81

Figura 9 Tamizado del agregado fino 83

Figura 10 Tamizado del agregado grueso 84

Figura 11 Pesos unitarios de los agregados 87

Figura 12 Preparación de la mezcla 88

Figura 13 Prueba de la trabajabilidad del concreto 90

Figura 14 Llenado de probetas con concreto 92

Figura 15 Rotura de briquetas 93

Figura 16 Variación del asentamiento 103

Figura 17 Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón en función del tiempo de curado frente tamaño máximo nominal (1 ½) 105

Figura 18 Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón en función del tiempo de curado frente tamaño máximo nominal (1") 107

Figura 19 Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón en función del tiempo de curado frente tamaño máximo nominal (3/4") 109

Figura 20 Evaluación del comportamiento a compresión del concreto 111

RESUMEN

El objetivo general de la investigación fue determinar el análisis de la influencia de la granulometría de los agregados en las propiedades mecánicas del concreto para su producción en el distrito de San Miguel – 2025. La metodología fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, evaluando muestras físicas de la cantera Unacolla. clasificadas según su Tamaño Máximo Nominal (TMN) en tres variaciones: 11/2", 1" y 3/4", las cuales fueron sometidas a ensayos normalizados de asentamiento en estado fresco y de resistencia a la compresión uniaxial a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados experimentales demostraron que a menor tamaño del agregado se incrementa la fluidez y la resistencia mecánica; la mezcla con TMN de 3/4" obtuvo la mayor trabajabilidad con un slump de 51/2" y el máximo esfuerzo de rotura a los 28 días con 229.75kg/cm^2, mientras que los tamaños de 1" y 1 1/2" alcanzaron 220.58kg/cm2 y 215.62kg/cm2, respectivamente. Se concluye que la granulometría ejerce una influencia inversamente proporcional y estadísticamente significativa sobre la resistencia del concreto, demostrando que un menor tamaño nominal optimiza la adherencia en la zona de transición interfacial y reduce la concentración de esfuerzos internos, logrando en todos los casos superar la resistencia de diseño proyectada y validando técnicamente la viabilidad de los materiales locales.

Palabras clave: Tamaño maxino nominal, resistencia a compresión, concreto.

ABSTRACT

The overall objective of the research was to analyze the influence of aggregate gradation on the mechanical properties of concrete for production in the San Miguel district – 2025. The methodology was applied in nature, employing a quantitative approach and experimental design, and evaluating physical samples from the Unacolla quarry. These samples were classified according to their Nominal Maximum Size (NMS) into three variations: 1½“, 1”, and ¾", which were subjected to standardized tests for fresh-state slump and uniaxial compressive strength at 7, 14, and 28 days of curing. The experimental results demonstrated that as aggregate size decreases, fluidity and mechanical strength increase; the mixture with a NMS of 3/4“ achieved the highest workability with a slump of 5 1/2'' and the maximum breaking strength at 28 days of 229.75 kg/cm², while the 1-inch and 1 1/2-inch sizes reached 220.58 kg/cm² and 215.62 kg/cm², respectively. It is concluded that particle size has an inversely proportional and statistically significant influence on concrete strength, demonstrating that a smaller nominal size optimizes adhesion in the interfacial transition zone and reduces the concentration of internal stresses, thereby exceeding the projected design strength in all cases and technically validating the viability of local materials.

Keywords: Nominal maximum size, compressive strength, concrete.

INTRODUCCIÓN

El concreto constituye uno de los materiales de mayor demanda en el sector de la construcción a nivel mundial, cuyas propiedades físicas y mecánicas están directamente condicionadas por la calidad de sus componentes constituyentes y los procedimientos empleados durante su elaboración.

Dentro de la composición del concreto, el agregado grueso representa el componente de mayor proporción volumétrica en las mezclas, razón por la cual su tamaño máximo nominal ejerce una influencia determinante tanto sobre la consistencia y trabajabilidad del material en estado fresco como sobre su capacidad de resistencia a la compresión una vez alcanzado el estado endurecido.

La resistencia a la compresión del concreto como material compuesto está fundamentalmente determinada por tres factores interrelacionados: las características del mortero (constituido por la mezcla de cemento, arena y agua), las propiedades del agregado grueso, y la calidad de la zona de transición interfacial entre ambos componentes. En consecuencia, variaciones en la calidad del mortero o en las características físicas del agregado grueso tales como forma, textura superficial, composición mineralógica y resistencia intrínseca pueden generar concretos con capacidades resistentes significativamente diferentes.

La producción de concreto de manera informal, elaborado directamente en obra sin controles técnicos adecuados, presenta una alta vulnerabilidad que puede ocasionar fallas estructurales graves en las edificaciones, tanto bajo condiciones de carga estática como ante la ocurrencia de eventos sísmicos. Un

diseño de mezcla técnicamente apropiado debe garantizar que el concreto pueda ser colocado y compactado eficientemente con los equipos y recursos disponibles en obra. Como principio fundamental, el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima necesaria que permita su adecuada colocación y consolidación. La cantidad de agua requerida para alcanzar la trabajabilidad deseada depende principalmente de las características físicas de los agregados, más que de las propiedades del cemento empleado. Cuando resulta necesario mejorar la trabajabilidad de la mezcla, el ajuste debe enfocarse en incrementar la proporción de mortero en lugar de simplemente adicionar agua y materiales finos (cemento), práctica que compromete la resistencia final del material. Por esta razón, resulta esencial establecer una comunicación efectiva entre el diseñador de la mezcla y el personal constructor para garantizar la obtención de un concreto de calidad óptima. En determinadas circunstancias, una mezcla de mayor costo inicial puede representar la solución técnica más apropiada y económicamente viable a largo plazo.

La presente investigación se estructura en cuatro capítulos complementarios. El Capítulo I, denominado "Planteamiento del Problema", desarrolla la formulación sistemática de la problemática de estudio, estableciendo los objetivos generales y específicos, la justificación de la investigación y las hipótesis planteadas. El Capítulo II, titulado "Marco Teórico Referencial", presenta los antecedentes de investigación a nivel internacional, nacional y local, así como el sustento teórico y conceptual que fundamenta el estudio. El Capítulo III, correspondiente a la "Metodología de la Investigación", describe el enfoque, tipo, nivel y diseño de investigación adoptado, detallando los procedimientos

experimentales y técnicas de recolección de datos empleados. Finalmente, el Capítulo IV, denominado "Análisis y Discusión de Resultados", presenta los hallazgos obtenidos, su interpretación estadística y la discusión técnica correspondiente, culminando con las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, seguidas de las secciones de bibliografía y anexos documentales.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la realidad problemática

Para garantizar la utilidad, la durabilidad y la seguridad de las estructuras, los ingenieros estructurales deben tener en cuenta el comportamiento mecánico del hormigón bajo diversas condiciones de carga. Según Vakhshouri y Nejadi (2018), las deformaciones estructurales, el comportamiento bajo cargas de servicio y la distribución de las tensiones internas en los elementos de hormigón se ven fuertemente influidas por el módulo de elasticidad, una magnitud fundamental que determina la reacción del material ante las tensiones externas. Hay una serie de elementos que influyen en este parámetro; uno de los más importantes es el tamaño máximo nominal (NMS) del árido grueso, que determina la rigidez y la capacidad de carga del compuesto (Sun y Fanourakis, 2022).

Para fabricar hormigón, se mezclan cemento, áridos de piedra y agua en las proporciones adecuadas. En ocasiones, se añaden a la mezcla otros componentes químicos denominados aditivos para modificar o mejorar algunas de las cualidades del material, tanto mientras aún está húmedo como una vez fraguado. Los áridos son los que más influyen en la calidad final del hormigón debido al elevado porcentaje volumétrico que ocupan en la mezcla, pero las propiedades mecánicas, químicas y físicas de los demás ingredientes también desempeñan un papel significativo. Por eso, conocer a fondo las características de los áridos es fundamental para la fabricación del hormigón. Sin embargo, la realidad del sector de la construcción muestra que muchas personas llevan a cabo sus propios proyectos de construcción sin la ayuda de expertos, omitiendo los controles de calidad a la hora de fabricar el hormigón, lo que reduce en gran medida el rendimiento y la seguridad esperados de los edificios.

A menudo, la disponibilidad de los áridos no se caracteriza antes de que comience la construcción, lo que significa que el hormigón final puede no ser lo suficientemente resistente como para cumplir con las especificaciones de diseño. En su estudio sobre cómo el origen geológico del árido grueso afecta a las propiedades del hormigón, Ibérico Collazos (2019) destaca la importancia del análisis a nivel de componentes para alcanzar los parámetros de resistencia especificados en el diseño estructural.

La cantera de «Cabanillas», un yacimiento que produce materiales pétreos de reconocida calidad en la zona, se encuentra en el término municipal de San Miguel, en la provincia de San Román, y se utiliza para la fabricación de áridos para hormigón. La distribución granulométrica de los áridos, medida

mediante parámetros como el módulo de finura del árido fino (Mf), el módulo de finura del árido grueso (Mg) y el módulo de finura combinado (Mc), influye en gran medida en la cantidad de pasta de cemento necesaria en la mezcla y, por extensión, en las propiedades mecánicas del hormigón acabado. Según la teoría técnica, los áridos de diferentes tamaños requieren cantidades diferentes de cemento para alcanzar la misma resistencia. Con el fin de maximizar los beneficios técnicos y económicos, esta investigación tiene como objetivo determinar los valores ideales del módulo de finura para diseñar mezclas con resistencias específicas, minimizando al mismo tiempo el consumo de cemento. De este modo, se aprovechará el uso de áridos de mayor tamaño para alcanzar niveles de resistencia equivalentes con dosis de cemento más bajas.

1.1.1. Problema general

¿Cómo influye la granulometría de los agregados en las propiedades mecánicas del concreto para su producción en el distrito de San Miguel – 2025?

1.1.2. Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las características de los agregados extraídos de la cantera Unocolla?
2. ¿Cómo influye el tamaño máximo nominal de ¾'', 1'' y 1 1/2'' en el diseño de mezclas de un concreto f'c=210kg/cm2?
3. ¿Cómo varía la resistencia del concreto f'c=210kg/cm2, producido con tamaño máximo nominal de ¾'', 1'' y 1 1/2''?

1.2. Justificación de la investigación

1.2.1. Técnica

Los áridos permiten fabricar concreto de alta calidad cuando cumplen los requisitos físicos y de resistencia necesarios; en lo que respecta a las características físicas, un aspecto importante es la distribución granulométrica de los áridos. Los áridos de gran tamaño son los más comunes, y es fundamental que sean de alta calidad para la fabricación de concreto. Los áridos también deben tener las propiedades físicas y de resistencia adecuadas.

1.2.2. Económica

Es posible fabricar concreto más resistente utilizando principalmente áridos de mayor tamaño gracias a un diseño de la mezcla que tenga en cuenta la distribución granulométrica de los áridos. En consecuencia, los costes de fabricación disminuirían y los del concreto aumentarían. Controlar el tamaño de los áridos es fundamental desde el punto de vista económico, pero también es necesario tener en cuenta su calidad mecánica y física. Es esencial vigilar el volumen total.

1.2.3. Social

Desde el punto de vista social, tiene sentido porque enseñará a la gente (incluidos estudiantes e ingenieros) cómo el módulo de compresibilidad del árido grueso influye en las características del concreto, lo que se traducirá en un mejor uso del material en los proyectos de ingeniería civil y en una mayor calidad general.

1.2.4. Práctica

En el caso de los elementos estructurales de sección delgada, determinaremos el árido grueso más adecuado para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto mediante el análisis de su distribución granulométrica y la realización de ensayos de laboratorio para evaluar su influencia. Asimismo, determinaremos la cantidad de cemento que se debe utilizar en el concreto en función del tamaño del árido grueso, todo ello de conformidad con las especificaciones pertinentes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general:

Análisis de la influencia de la granulometría de los agregados en las propiedades mecánicas del concreto para su producción en el distrito de San Miguel – 2025.

1.3.2. Objetivos específicos:

1. Determinar la caracterización de los agregados extraídos de la cantera Unocolla.
2. Elaborar el diseño de mezclas para un concreto f'c=210kg/cm2 con tamaño máximo nominal de ¾'', 1'' y 1 1/2''.
3. Realizar un análisis comparativo de la resistencia del concreto f'c=210kg/cm2, producido con tamaño máximo nominal de ¾'', 1'' y 1 1/2''.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general:

La granulometría de los agregados influye positivamente en las propiedades mecánicas del concreto para su producción en el distrito de San Miguel – 2025.

1.4.2. Hipótesis específicas:

1. Los agregados extraídos de la cantera Unocolla cumplen con los limite establecidos en las normas NTP y ASTM.
2. El diseño de mezclas del concreto producido con tamaño máximo nominal de 3/4", 1" y 1 1/2", tiene diferente relación de agua-cemento.
3. El análisis comparativo de la resistencia del concreto f'c=210kg/cm2, aumenta de acuerdo al tamaño máximo nominal.

1.5. Variables e indicadores

Variable independiente: Granulometría de los agregados

Indicador:

- Tamaño máximo nominal de ¾'', 1'' y 1 1/2''

Variable dependiente: Propiedades mecánicas del concreto

Indicador:

Resistencia a la compresión

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Indicador	Escala de medición
Variable independiente Granulometría de los agregados	Tamaño máximo nominal de ¾", 1" y 1 1/2"	kg
Variable dependiente Propiedades mecánicas del concreto	Resistencia a la compresión	Kg/cm2

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. internacionales

Orozco (2016) desarrolló una investigación en la ciudad de Villavicencio, Colombia, enfocada en la caracterización del módulo de elasticidad y la relación de Poisson en mezclas de concreto con resistencias de diseño de 21 y 28 MPa, materiales ampliamente empleados en proyectos constructivos de dicha localidad. La metodología adoptada fue de carácter experimental, contemplando la elaboración de 42 especímenes cilíndricos que fueron ensayados en dos grupos: el primero compuesto por 21 probetas evaluadas a los 14 días de edad, y el segundo conformado por 21 probetas ensayadas a los 28 días. Las mezclas fueron diseñadas considerando un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 3/4 de pulgada. Los hallazgos experimentales revelaron que el módulo de elasticidad alcanzó un valor de 19,192.27 MPa en la evaluación realizada a los

14 días, mientras que a los 28 días se registró un incremento significativo hasta 20,543.90 MPa, evidenciando la evolución progresiva de la rigidez del material conforme avanza su proceso de maduración.

En Ecuador, Flores (2020) ejecutó un estudio comparativo sobre el comportamiento del módulo de elasticidad estático del hormigón estructural en función de su resistencia a la compresión, empleando agregados pétreos provenientes de dos yacimientos ubicados en el sector El Barranco, Cantón Mera, Provincia de Pastaza: las minas "Trópico de Capricornio" y "Santa Isabel". El objetivo principal consistió en caracterizar las propiedades físico-mecánicas fundamentales de los agregados de ambas canteras para establecer dosificaciones óptimas de hormigón. Se diseñaron mezclas con resistencia objetivo de 21 MPa, utilizando agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4 de pulgada procedente de ambos yacimientos. Para la determinación experimental del módulo de elasticidad estático se fabricaron 9 probetas cilíndricas por cada cantera. Los resultados obtenidos mostraron que el hormigón elaborado con agregados de la cantera Santa Isabel alcanzó un módulo de elasticidad de 20,805.79 MPa, presentando una desviación del 16% respecto al valor teórico calculado según la formulación del código ACI 318-14. Por su parte, el hormigón producido con materiales de la cantera Trópico de Capricornio registró un módulo de elasticidad de 22,931.55 MPa, con una variación del 15% en comparación con el valor normativo. El investigador concluyó que el módulo de elasticidad estático del hormigón no constituye una propiedad dependiente exclusivamente de la resistencia a la compresión, sino que se encuentra significativamente influenciado por las características físicas y mecánicas intrínsecas de los agregados constituyentes. Adicionalmente, se

evidenció una discrepancia sistemática entre los valores experimentales determinados en laboratorio y las estimaciones proporcionadas por las ecuaciones empíricas del código ACI 318-14.

Peralta García (2019) realizó en Colombia una investigación experimental orientada a cuantificar la variación de la resistencia a la compresión en especímenes de concreto de diferentes dimensiones, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso incorporado en las mezclas. El estudio contempló un análisis comparativo sistemático entre probetas cilíndricas de dos geometrías normalizadas: cilindros de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, y cilindros de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura. El programa experimental incluyó la producción de dos diseños de mezcla con resistencias diferenciadas, empleando agregados gruesos con tamaños máximos nominales de 3/4 de pulgada y 1 pulgada respectivamente. La metodología se enmarcó dentro de un diseño experimental con enfoque cuantitativo riguroso. Los hallazgos del estudio revelaron que, independientemente del tamaño del agregado grueso utilizado (ya sea 3/4" o 1"), los especímenes de menor dimensión (10 x 20 cm) exhibieron sistemáticamente valores de resistencia superiores a los obtenidos en probetas de mayor tamaño (15 x 30 cm). Con base en estos resultados, el investigador estableció que existe una relación inversa entre la resistencia a la compresión y la razón dimensional espécimen/agregado, sugiriendo que la capacidad resistente del concreto se incrementa cuando disminuye la proporción entre el tamaño del espécimen de ensayo y el tamaño máximo del agregado grueso empleado en la mezcla.

2.1.2. Nacionales

Cruz Medina et al. (2020) ejecutaron un estudio comparativo sobre el desempeño mecánico de concretos con resistencia de diseño de 280 kg/cm² elaborados con tres tipologías de agregado grueso provenientes de dos canteras de la ciudad de Trujillo: piedra zarandeada (agregado natural redondeado), piedra chancada (agregado triturado anguloso) y piedra mixta (combinación comercial de ambas tipologías). La selección de las canteras se fundamentó en criterios de proximidad geográfica, calidad del material, características litológicas y frecuencia de uso en la región. Los investigadores identificaron que el agregado comercializado como "piedra chancada" en estas canteras corresponde realmente a una mezcla heterogénea de partículas angulosas y redondeadas, razón por la cual lo denominaron "piedra mixta". Para obtener piedra chancada pura, fue necesario realizar una selección manual basada en criterios morfológicos, constituyendo este material el grupo de control del estudio. La metodología experimental contempló inicialmente la caracterización completa de los agregados mediante ensayos normalizados, seguida de la elaboración de diseños de mezcla para alcanzar la resistencia objetivo de 280 kg/cm². Se fabricaron 54 especímenes cilíndricos distribuidos en dos grupos experimentales y un grupo control, conforme a los lineamientos de la NTP (Norma Técnica Peruana) y ASTM (American Society for Testing and Materials), evaluándose tres probetas por cada tipología de agregado a edades de curado de 7, 21 y 28 días mediante ensayos de compresión uniaxial. Los resultados experimentales de la cantera A a 28 días evidenciaron resistencias de 282.01 kg/cm² para piedra zarandeada, 289.28 kg/cm² para piedra mixta y 329.22 kg/cm² para piedra chancada. Similarmente, la cantera B registró valores de 280.60 kg/cm², 286.86

kg/cm² y 297.02 kg/cm² para las mismas tipologías respectivamente. El análisis concluyó que la cantera A proporciona agregados de calidad superior, y que la piedra chancada genera incrementos significativos en la resistencia a la compresión del concreto debido a su morfología angular que favorece la adherencia mecánica en la zona de transición interfacial.

El objetivo del estudio de Taico Lezama (2020) era comparar tres metodologías de diseño de mezclas ampliamente reconocidas con el fin de determinar el efecto del tamaño nominal máximo del árido grueso sobre la resistencia mecánica y la viabilidad económica del hormigón de 210 kg/cm². En el programa experimental se incluyeron áridos gruesos con tamaños nominales máximos de 3/4, 1/2 y 3/8". Las mezclas se desarrollaron utilizando los procedimientos del ACI (American Concrete Institute), de Walker y del módulo de finura de la combinación de áridos. Para cada combinación de tamaño de árido y enfoque de diseño, se fabricaron siete probetas cilíndricas; se sometieron a ensayo un total de sesenta y tres probetas bajo compresión axial. Tomando como base las proporciones de la mezcla, también se llevó a cabo un análisis económico comparativo para cada diseño. Los resultados mostraron que la resistencia mecánica y el coste de fabricación guardaban una relación inversa con el tamaño del árido grueso en el hormigón. Siguiendo la técnica del ACI con áridos de 1/2 (que alcanzó los 398,93 kg/cm²), el método de Walker con áridos de 3/4 (339,90 kg/cm²) y el método de Walker con áridos de 3/8" (433,97 kg/cm²) fueron las mezclas que alcanzaron la resistencia máxima. Según las cifras, el cemento es el componente más importante en los costes del hormigón, ya que representa alrededor del 84 % del coste total. Se observó una reducción del 13,24 % en el consumo de cemento en las mezclas elaboradas con áridos de

3/4 en comparación con las de 3/8, y también se demostró que el rendimiento volumétrico aumenta en proporción directa al tamaño de los áridos gruesos.

Pérez Gordillo (2017) estudió el impacto de la variación del tamaño de las partículas de árido grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas del hormigón permeable. El hormigón permeable es un material especializado cuyo comportamiento se evalúa principalmente a partir de tres parámetros: permeabilidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. En el estudio se tuvieron en cuenta tres gradaciones distintas de áridos: partículas retenidas entre tamices de 1/2 y 3/8, partículas retenidas entre tamices de 3/8" y n.º 4, y partículas retenidas entre tamices de n.º 4 y n.º 8. Para obtener estas fracciones granulométricas, se tamizó un árido grueso natural utilizando un tamiz TMN de 1/2". El material procedía de la cantera de Calderón, situada en la región de El Milagro-Huanchaco, en la provincia de Trujillo. De acuerdo con las normas establecidas en la ACI 522R-10 (Informe sobre el hormigón permeable), se crearon tres diseños de mezcla diferentes con los siguientes parámetros de diseño constantes: una relación agua-cemento de 0,35, un contenido de huecos del 15 %, un contenido de áridos finos del 8 % y un volumen de pasta del 25,2 %. A continuación, tanto en estado fresco como endurecido, se midieron en el laboratorio la resistencia mecánica, el coeficiente de permeabilidad, el contenido de huecos y la densidad. El hormigón permeable de gradación n.º 4 mostró las mayores resistencias mecánicas en los experimentos, con una resistencia a la compresión de 209,68 kg/cm² y una resistencia a la flexión de 33,81 kg/cm². De media, la velocidad de percolación fue de 0,222 cm/s, lo que constituyó el resultado más alto, para la gradación de 3/8". También se observó que las

características mecánicas e hidráulicas se correlacionaban directamente con los valores de densidad y contenido de huecos obtenidos experimentalmente.

Atoche Paredes et al. (2023) llevaron a cabo una investigación para evaluar el efecto del tamaño máximo nominal del árido grueso sobre la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del hormigón con una resistencia especificada de 210 kg/cm². Tres canteras comerciales locales Bauer, Lekersa y Aybar suministraron áridos gruesos con distintos tamaños máximos nominales para el programa experimental. Para evaluar la trabajabilidad del hormigón recién mezclado con diferentes gradaciones de áridos gruesos, se realizaron dieciocho ensayos de consistencia mediante la técnica del cono de Abrams. La resistencia a la compresión de 54 probetas cilíndricas estándar, moldeadas al mismo tiempo, se evaluó a los 7, 14 y 28 días tras el curado. En cada uno de los tres momentos de ensayo, los probetas fabricados con áridos gruesos TMN de 1/2" presentaron las resistencias más elevadas, con valores medios de 149,96 kg/cm² a los 7 días, 176,84 kg/cm² a los 14 días y 237,25 kg/cm² a los 28 días. El hormigón fabricado con árido grueso TMN de 1/2" fue el que presentó mayor trabajabilidad en términos de fluidez y facilidad de colocación. El tamaño máximo nominal del árido grueso y el tipo de cantera son dos factores que influyen de manera sustancial en la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del hormigón con una resistencia de diseño de 210 kg/cm², según el análisis estadístico realizado mediante pruebas de significación.

2.1.3. Locales

Lipa (2019) llevó a cabo una investigación para comparar el rendimiento de los áridos naturales procedentes de las canteras de Cutimbo y Viluyo, en la

provincia de Puno, en lo que respecta a la calidad del hormigón utilizado en la construcción de viviendas. El motivo principal para realizar el estudio fue abordar la cuestión del control de calidad de los áridos en la construcción de viviendas unifamiliares. Esto es importante porque las características de los áridos influyen significativamente en la resistencia a la compresión del hormigón, que es una propiedad mecánica fundamental. El objetivo general del estudio era comparar y contrastar los áridos de ambas canteras en cuanto a su rendimiento y comportamiento. La estrategia de investigación utilizada fue un diseño experimental de carácter explicativo, con unidades de análisis seleccionadas al azar de un conjunto de viviendas unifamiliares de la provincia de Puno; la técnica fue cuantitativa y aplicada. Se utilizaron ensayos normalizados como parte del programa experimental para determinar las cualidades físicas y mecánicas de los áridos. Al utilizar áridos de la cantera de Cutimbo, los resultados de los ensayos mostraron que, tras 28 días, el hormigón alcanzó el 95,73 % de la resistencia estipulada de f'c = 210 kg/cm². También mostró una resistencia a la abrasión del 77,55 % y un contenido de material fino que pasa por el tamiz n.º 200 del 5,22 %. Por su parte, en la misma edad de ensayo, el hormigón fabricado con áridos de la cantera de Viluyo presentó una resistencia a la abrasión del 74,07 %, un porcentaje de partículas finas que pasaban por el tamiz n.º 200 del 5,96 % y una resistencia objetivo alcanzada del 84,44 %. Según la investigación, los áridos de la cantera de Cutimbo son la mejor opción para la fabricación de hormigón estructural en la zona, ya que ofrecen un rendimiento muy bueno y alcanzan los porcentajes máximos de rendimiento en todos los parámetros sometidos a ensayo.

Con el fin de determinar la viabilidad técnica del uso de áridos extraídos del río San Gabán como material alternativo para el hormigón estructural, Chinchaycoma (2018) llevó a cabo una investigación en el distrito de San Gabán, provincia de Carabaya, departamento de Puno. El objetivo principal del estudio era evaluar las propiedades del hormigón tanto fresco como endurecido con estos áridos. Los habitantes de la zona llevan mucho tiempo utilizando áridos fluviales del río San Gabán en la construcción de sus viviendas, principalmente debido al ahorro de costes que supone el uso de este material disponible localmente. Era necesario validar técnicamente esta práctica, por lo que se llevó a cabo el estudio. El enfoque experimental siguió los pasos descritos por el Comité 211 del Instituto Americano del Hormigón, lo que incluyó la elaboración de mezclas de hormigón con tres niveles de resistencia diferentes: f'c = 140 kg/cm², f'c = 175 kg/cm² y f'c = 210 kg/cm². Se fabricaron dos series de probetas: una con áridos del río San Gabán (el grupo experimental) y otra con áridos de la cantera de Macusani (el grupo de referencia). A los 7 y 28 días, se realizaron ensayos de compresión axial en ambos grupos. El ensayo de asentamiento para evaluar la trabajabilidad y los ensayos destructivos de resistencia a la compresión fueron dos componentes esenciales del comportamiento del hormigón que se tuvieron en cuenta a lo largo de la formulación de la mezcla. Para comprender mejor la trabajabilidad y la capacidad de resistencia del material, se sometieron tres resistencias de diseño predeterminadas a ensayos sistemáticos de asentamiento y compresión básica. Tras comparar los resultados experimentales, se determinó que el hormigón mezclado con áridos del río San Gabán cumple los requisitos de resistencia. Las tres categorías de hormigón sometidas a ensayo presentaban valores especificados de 140 kg/cm²,

175 kg/cm² y 210 kg/cm², respectivamente. Esto valida técnicamente el uso del material como alternativa para la construcción de viviendas en la región y representa, además, una opción económicamente favorable para la población local.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Concreto

El concreto constituye un material compuesto heterogéneo conformado esencialmente por dos fases principales: la matriz cementante (pasta) y los agregados pétreos. La matriz cementante, resultante de la combinación dosificada de cemento Portland y agua, actúa como agente aglomerante que envuelve y cohesiona las partículas de agregados, típicamente arena (agregado fino) y grava, piedra triturada o chancada (agregado grueso), generando mediante procesos de hidratación del cemento una masa monolítica de características similares a la roca natural. Este proceso de consolidación se produce como consecuencia de las reacciones químicas exotérmicas entre los compuestos del cemento y el agua, fenómeno conocido como hidratación del cemento, que conduce al endurecimiento progresivo del material (Kosmatka, Steven H., 2004).

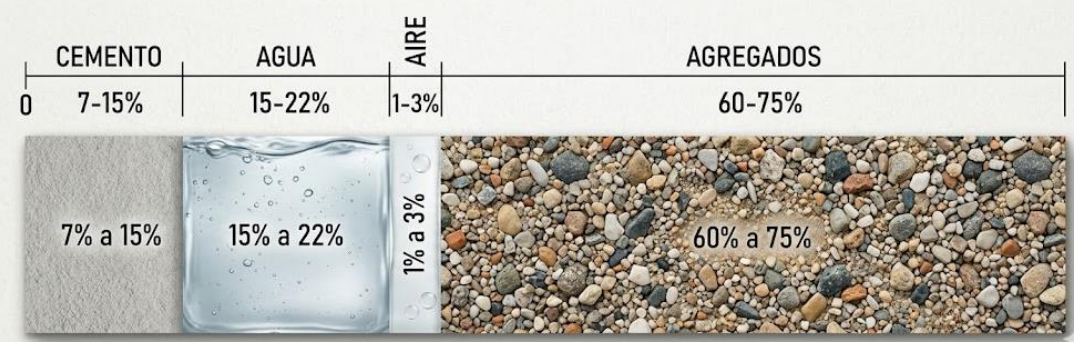
La tecnología moderna del concreto permite la incorporación de materiales complementarios tales como aditivos químicos, adiciones minerales suplementarias (puzolanas, escorias, humo de sílice) y fibras de refuerzo (metálicas, sintéticas o naturales), con el propósito de optimizar propiedades específicas del material o conferirle características particulares según los requerimientos del proyecto constructivo.

La pasta cementante está constituida por materiales cementantes (cemento Portland y adiciones minerales cuando se emplean), agua de mezclado y aire, ya sea en forma de burbujas atrapadas naturalmente durante el proceso de mezclado o como aire intencionalmente incorporado mediante aditivos inclusores de aire. Esta fase representa aproximadamente entre el 25% y 40% del volumen absoluto total del concreto endurecido. Según se ilustra en la figura 1, la distribución volumétrica típica indica que el cemento Portland ocupa normalmente entre el 7% y 15% del volumen absoluto, mientras que el agua de mezclado representa entre el 15% y 22%. El contenido de aire atrapado, que se genera de manera natural durante el proceso de mezclado y colocación, fluctúa típicamente entre 1% y 3% del volumen total del concreto.

Los agregados pétreos, también denominados áridos en la terminología internacional, se clasifican convencionalmente en dos categorías granulométricas fundamentales: agregado fino (arena) y agregado grueso (grava, piedra chancada o triturada). Estos materiales constituyen la fase dispersa del concreto, representando aproximadamente entre el 60% y 75% del volumen total del material compuesto. Dada su elevada proporción volumétrica, la selección apropiada de agregados con características físicas, mecánicas y químicas adecuadas resulta determinante para la obtención de concretos de calidad óptima, ejerciendo influencia directa sobre propiedades fundamentales como resistencia mecánica, durabilidad, trabajabilidad y comportamiento volumétrico del material.

Figura 1

Proporción típica de los componentes del concreto



Nota: Valero (2015).

2.2.2. Componentes del concreto

2.2.2.1. Cemento

El cemento Portland constituye un material aglomerante de naturaleza hidráulica, obtenido mediante el proceso de cocción a altas temperaturas (clinkerización) de una mezcla homogénea de materias primas calcáreas (rocas calizas), silíceas (areniscas) y arcillosas, seguido de una molienda fina del clinker resultante. Este material pulverulento presenta la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, desarrollando mediante reacciones de hidratación características de resistencia mecánica y capacidad adherente que lo convierten en el componente fundamental de la pasta cementante del concreto (Pasquel, 1998). Esta definición excluye expresamente otros materiales aglomerantes como las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos, que presentan mecanismos de endurecimiento y aplicaciones constructivas diferentes.

- Requisitos Normativos de Calidad: El cemento destinado a la fabricación de concreto estructural debe satisfacer los requisitos

técnicos establecidos en las normativas nacionales e internacionales vigentes. Según Riwa (2013, p. 21), los cementos empleados en la producción de concreto deben cumplir con las siguientes especificaciones normativas:

- Cementos Portland Convencionales: Los cementos Portland convencionales, incluidos los de Tipo I (uso general), Tipo II (resistencia moderada a los sulfatos) y Tipo V (alta resistencia a los sulfatos), deben cumplir los requisitos físicos, químicos y mecánicos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 o en las especificaciones de la norma ASTM C 150 (Especificación estándar para el cemento Portland).

- Cementos Portland Adicionados: Los requisitos técnicos para los cementos Portland mezclados, incluidos el cemento Portland puzolánico (Tipo IP) y el cemento Portland puzolánico modificado (Tipo IPM), se recogen en la Norma Técnica Peruana NTP 334.090. En caso de que no se cumplan dichas normas, los cementos hidráulicos mezclados deberán ajustarse a las disposiciones de la norma ASTM C595, que regula los cementos hidráulicos mezclados.

- Estas normativas establecen límites y especificaciones para parámetros críticos como composición química, finura de molienda, tiempos de fraguado, expansión en autoclave, resistencia mecánica a diferentes edades y contenido de adiciones minerales,

garantizando así la calidad y desempeño del cemento en aplicaciones estructurales.

A. Cemento portland

Neville (1998, p. 14) establece que el cemento Portland se obtiene mediante la combinación proporcional de materias primas de naturaleza calcárea (calizas) con componentes arcillosos, o alternativamente con otros materiales que aporten sílice, alúmina y óxido de hierro en las proporciones adecuadas. Esta mezcla homogénea es sometida a un proceso de cocción en hornos rotatorios a temperaturas superiores a 1450°C, alcanzando el punto de clinkerización donde se forman nódulos vítreos denominados escorias o clinker. Posteriormente, este material sinterizado es sometido a un proceso de molienda mecánica hasta obtener un polvo de elevada finura, constituyendo así el cemento Portland.

Desde la perspectiva de su composición, el cemento Portland se define como el material pulverulento resultante de la molienda conjunta del clinker Portland con la incorporación de una o varias formas de sulfato de calcio (yeso dihidratado, hemihidrato o anhidrita), cuya función es regular los tiempos de fraguado del cemento. Las especificaciones técnicas permiten la adición de otros materiales complementarios durante el proceso de molienda, tales como adiciones minerales o agentes de molienda, siempre y cuando su incorporación no comprometa las propiedades físicas, químicas o mecánicas del producto final. Es requisito fundamental que todos los componentes adicionales sean pulverizados simultáneamente con el clinker para garantizar una distribución

homogénea en la matriz del cemento, asegurando así la uniformidad y consistencia de sus propiedades.

B. Composición del cemento portland

Una vez completados los procesos de clinkerización en el horno rotatorio y posterior molienda del producto resultante, se generan cuatro compuestos químicos principales que fueron identificados y caracterizados por primera vez por Le Chatelier en 1852. Estos compuestos minerales, también denominados fases del clinker, determinan de manera fundamental el comportamiento del cemento durante el proceso de hidratación y el desarrollo de sus propiedades mecánicas en estado endurecido. La Tabla N°2 presenta los cuatro constituyentes principales del cemento Portland, especificando sus denominaciones químicas completas, fórmulas moleculares y nomenclatura abreviada empleada convencionalmente en la química del cemento.

Tabla 2

Componentes del cemento portland

Nombre del Componente	Composición Óxida	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3CaO.SiO_2$	C_3S
Silicato dicálcico	$2CaO.SiO_2$	C_2S
Aluminato tricálcico	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A
Alumino Ferrito tetracálcico	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF

Nota: Tecnología del concreto (p. 15), A. M. Neville y Brook, D.F: Trillas 1998.

C. Tipos de cemento

Si bien en los apartados anteriores se ha abordado el cemento Portland como un material de características uniformes, resulta fundamental reconocer que las variaciones en la composición química del clinker generan cementos con

propiedades y comportamientos significativamente diferentes durante el proceso de hidratación y en su desempeño final. Esta diversidad composicional permite diseñar y formular mezclas específicas de materias primas durante la etapa de fabricación, con el propósito de obtener distintos tipos de cemento Portland adaptados a requerimientos técnicos particulares según las condiciones de exposición, solicitaciones estructurales o características específicas del proyecto constructivo.

C.1. Clasificación Comercial y Cementos Especiales

En respuesta a las diversas necesidades de la industria de la construcción, actualmente se encuentran disponibles comercialmente múltiples tipos normalizados de cemento Portland, cada uno con composiciones químicas y mineralógicas diferenciadas que les confieren propiedades particulares. Adicionalmente, la tecnología moderna del cemento permite la fabricación de cementos especiales diseñados para aplicaciones específicas, tales como ambientes agresivos, estructuras masivas, construcciones en climas extremos o situaciones que demandan características particulares de desempeño.

La Tabla N°3 presenta los valores promedio de la composición química expresada en porcentaje de los compuestos principales (C_3S, C_2S, C_3A y C_4AF) para los diversos tipos de cemento Portland normalizados, permitiendo apreciar las diferencias composicionales que determinan el comportamiento característico de cada tipo y su idoneidad para aplicaciones constructivas específicas.

Tabla 3

Valores de la composición de los componentes de cementos portland

Cemento	Composición de los componentes, porcentaje							
	C_3S	C_2S	C_3A	C_3AF	$CaSO_4$	CaO libre	MgO	Pérdida en encendido
Tipo I	59	15	12	8	2.9	0.8	2.4	1.2
Tipo II	46	29	6 (8máx.)	12	2.8	0.6	3.0	1.0
Tipo III	60	12	12 (15máx.)	8	3.9	1.3	2.6	1.9
Tipo IV	30 (35máx.)	46 (40mín.)	5 (7máx.)	13	2.9	0.3	2.7	1.0
Tipo V	43	36	4 (5máx.)	12	2.7	0.4	1.6	1.0

Nota: Tecnología del concreto (p. 15), A. M. Neville y Brook, D.F: Trillas 1998.

C.2. Tipos de Cemento según Especificaciones Normativas

Los cementos Portland cuya producción se encuentra regulada mediante especificaciones técnicas normalizadas, que establecen requisitos específicos de composición química, propiedades físicas y desempeño mecánico, se clasifican en los siguientes tipos:

- **Cemento Portland Tipo I - Uso General:** Cemento de aplicación universal destinado a obras de concreto que no presentan condiciones especiales de exposición ni requieren propiedades particulares. Constituye el tipo más empleado en construcción convencional donde no existen factores ambientales agresivos ni restricciones específicas de desempeño.

- **Cemento Portland Tipo II - Resistencia Moderada a Sulfatos:** Cemento formulado para desarrollar moderada resistencia al ataque por sulfatos presentes en suelos o aguas subterráneas, y generar moderado calor durante el proceso de hidratación. Su aplicación está indicada en estructuras expuestas a ambientes

medianamente agresivos con presencia de sulfatos, así como en elementos de concreto masivo donde el control térmico resulta importante para prevenir fisuración por gradientes de temperatura.

- **Cemento Portland Tipo III - Alta Resistencia Inicial:** Cemento caracterizado por su capacidad de desarrollar resistencias mecánicas elevadas en edades tempranas (1 a 7 días), como consecuencia de su mayor finura de molienda y contenido optimizado de silicato tricálcico (C_3S), lo cual genera un elevado calor de hidratación. Se emplea en construcciones en regiones de clima frío donde las bajas temperaturas retardan el fraguado, o en proyectos que demandan desencofrado acelerado y puesta en servicio anticipada de las estructuras.

- **Cemento Portland Tipo IV - Bajo Calor de Hidratación:** Cemento especialmente diseñado para generar mínimo calor durante el proceso de hidratación, mediante la reducción del contenido de silicato tricálcico (C_3S) y aluminato tricálcico (C_3A). Su aplicación específica corresponde a elementos de concreto masivo (presas, estribos de puentes, cimentaciones de gran volumen) donde el control riguroso del calor de hidratación resulta crítico para evitar fisuración térmica por diferencias de temperatura entre el núcleo y la superficie.

- **Cemento Portland Tipo V - Alta Resistencia a Sulfatos:** Cemento formulado con muy bajo contenido de aluminato tricálcico ($C_3A < 5\%$) para proporcionar máxima resistencia al ataque

químico por sulfatos. Indicado para estructuras expuestas a ambientes altamente agresivos con elevadas concentraciones de sulfatos en suelos (> 0.2% SO_4) o aguas (> 150 ppm SO_4), tales como obras marítimas, infraestructura en suelos salinos o instalaciones industriales con exposición a aguas residuales.

2.2.2.2. Agregados

La calidad de los agregados pétreos constituye un factor determinante en el desempeño del concreto, considerando que estos materiales representan aproximadamente el 75% del volumen total del material compuesto, tal como se ilustra en la Figura N°1. Los agregados no solamente pueden establecer limitaciones en la resistencia mecánica alcanzable del concreto, sino que sus características físicas, químicas y mineralógicas ejercen influencia directa sobre propiedades fundamentales como durabilidad, estabilidad volumétrica y comportamiento estructural del material en servicio.

De Material Inerte a Componente Activo: Históricamente, los agregados fueron conceptualizados como materiales inertes de bajo costo, cuya función primordial consistía en actuar como material de relleno disperso en la matriz cementante para incrementar el volumen del concreto y reducir costos de producción. Sin embargo, la investigación científica moderna ha demostrado que los agregados no constituyen elementos inertes, ya que sus propiedades físicas (densidad, porosidad, absorción, forma y textura superficial), térmicas (coeficiente de expansión, conductividad) y ocasionalmente químicas (reactividad álcali-agregado) pueden influir significativamente en el comportamiento del concreto. En numerosos casos, los agregados de calidad

superior contribuyen a mejorar la durabilidad y estabilidad dimensional del concreto respecto a las características inherentes de la pasta de cemento pura. Desde la perspectiva económica, resulta ventajoso optimizar las dosificaciones empleando el máximo contenido posible de agregados y el mínimo contenido de cemento compatible con los requerimientos del proyecto, aunque esta optimización debe equilibrarse cuidadosamente con las propiedades requeridas del concreto tanto en estado fresco (trabajabilidad, cohesión, capacidad de bombeo) como en estado endurecido (resistencia, durabilidad, impermeabilidad) (Neville, 1998).

Distribución Granulométrica y Eficiencia Estructural: La distribución volumétrica y el arreglo espacial de las partículas de agregado revisten importancia fundamental para obtener una estructura de concreto densa, eficiente y con trabajabilidad apropiada. La investigación científica ha demostrado que debe lograrse un empaquetamiento óptimo entre las partículas de diferentes tamaños, de manera que las fracciones más finas ocupen los espacios intersticiales dejados por las partículas de mayor tamaño, minimizando así el volumen de vacíos y maximizando la densidad del esqueleto granular. Este conjunto granular densamente empaquetado debe estar cohesionado mediante la pasta de cemento, la cual llena los vacíos remanentes y proporciona adherencia entre partículas, generando así un material compuesto monolítico de máxima eficiencia estructural y mínimo consumo de cemento (Pasquel, 1998).

A. Propiedades físicas

Diversas características físicas de los agregados resultan determinantes para comprender su comportamiento dentro de la matriz del concreto y su

influencia sobre las propiedades del material compuesto resultante. A continuación, se describen estas propiedades físicas fundamentales, así como los métodos normalizados establecidos para su cuantificación experimental en laboratorio.

- **Peso Específico (Densidad Real)**

El peso específico de los agregados se define como la relación entre la masa de las partículas sólidas y el volumen real que ocupan, excluyendo del cálculo los espacios vacíos existentes entre las partículas individuales (Pasquel, 1998). Esta propiedad representa la densidad intrínseca del material pétreo y resulta fundamental para los cálculos de dosificación volumétrica del concreto. Los procedimientos normalizados para su determinación experimental se encuentran establecidos en las Normas ASTM C-127 (agregado grueso) y ASTM C-128 (agregado fino), así como en sus equivalentes nacionales NTP 400.021 para agregados gruesos y NTP 400.022 para agregados finos.

- **Peso Unitario (Densidad Aparente)**

El peso unitario se obtiene mediante la relación entre la masa total de las partículas de agregado y el volumen aparente que ocupan, incluyendo en este último los vacíos o espacios intersticiales presentes entre las partículas. Dado que esta propiedad depende directamente de la forma de acomodamiento y compactación de las partículas en el recipiente de medición, su valor presenta carácter relativo y variable según el grado de compactación aplicado (Pasquel, 1998). Los métodos de ensayo para su cuantificación se encuentran especificados en la Norma ASTM C-29 y en su equivalente peruana NTP

400.017, las cuales establecen procedimientos tanto para condición suelta como compactada.

- **Porcentaje de Vacíos (Porosidad Intergranular)**

El porcentaje de vacíos cuantifica el volumen de espacios intersticiales entre partículas de agregado, expresado como porcentaje del volumen total aparente. Al igual que el peso unitario, esta propiedad depende del arreglo espacial y grado de compactación de las partículas, por lo que constituye un parámetro de carácter relativo (Pasquel, 1998). Su determinación se realiza mediante cálculo indirecto a partir de los valores de peso específico y peso unitario, siguiendo los lineamientos establecidos en la Norma ASTM C-29 y la Norma peruana NTP 400.017.

- **Absorción (Capacidad de Absorción de Agua)**

La absorción representa la capacidad de las partículas de agregado para incorporar agua en los poros y cavidades internas accesibles mediante el fenómeno de capilaridad. Este proceso físico no logra saturar completamente la estructura porosa interna de las partículas, ya que siempre permanece una fracción de aire atrapado en los poros de menor diámetro o en cavidades aisladas (Pasquel, 1998). La absorción se cuantifica experimentalmente determinando la pérdida de masa de una muestra en condición saturada superficialmente seca (S.S.S.) después de someterla a secado en horno a 110±5°C durante 24 horas. El resultado se expresa como el porcentaje de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca. La Figura N°2 ilustra esquemáticamente las diferentes condiciones de humedad del agregado relacionadas con esta propiedad. Los procedimientos de ensayo se encuentran

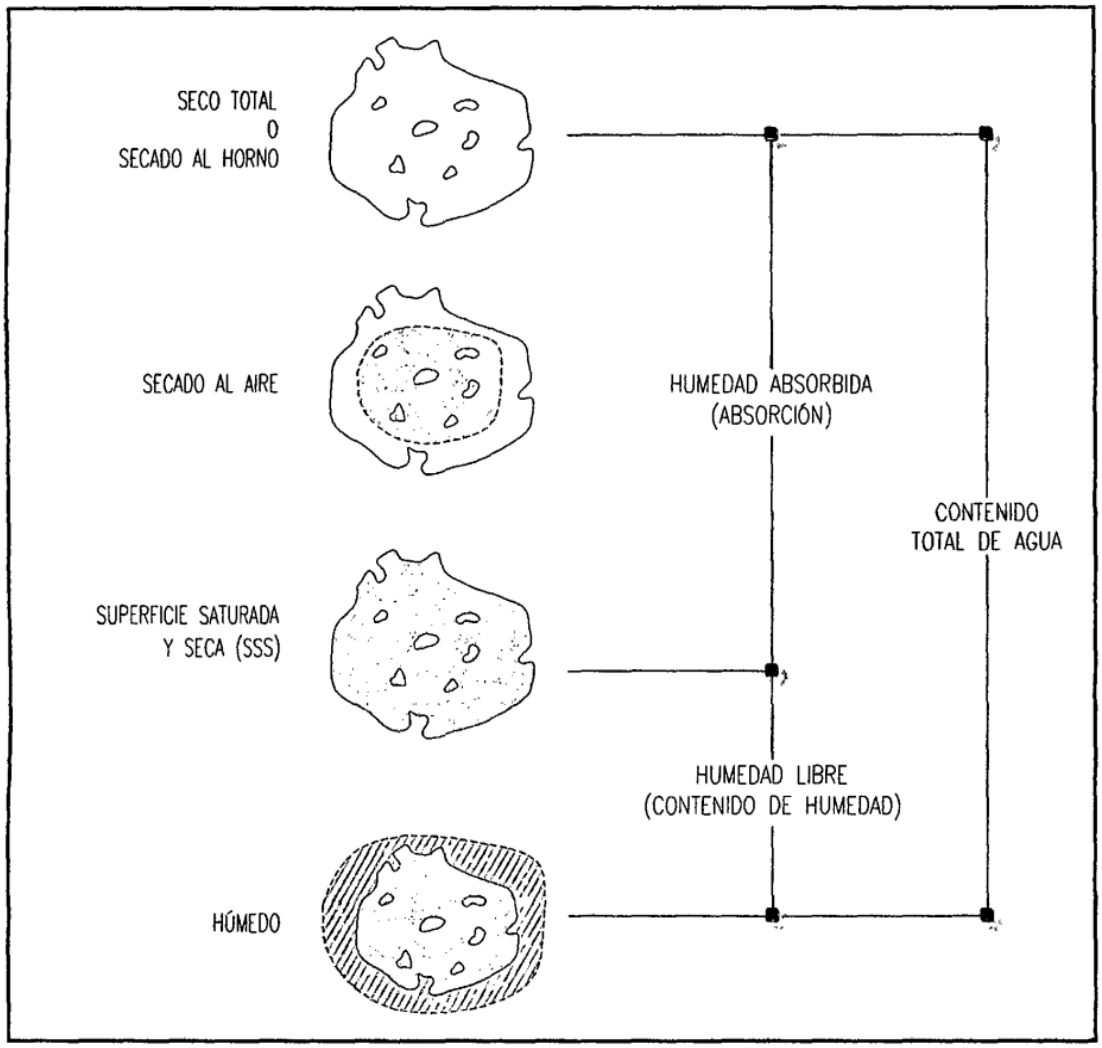
normalizados en las especificaciones ASTM C-127 y ASTM C-128, así como en las Normas peruanas NTP 400.021 (agregado grueso) y NTP 400.022 (agregado fino).

- **Contenido de Humedad**

El contenido de humedad cuantifica la cantidad de agua libre presente en la superficie externa de las partículas de agregado en un momento determinado. Esta propiedad reviste importancia fundamental en la dosificación del concreto, ya que el agua superficial del agregado se incorpora al agua de mezclado efectiva y debe considerarse en el ajuste de la relación agua/cemento de diseño (Pasquel, 1998). La Figura N°2 presenta un diagrama conceptual que ilustra las diferentes condiciones de humedad del agregado y su relación con la absorción. La determinación experimental del contenido de humedad se realiza siguiendo los procedimientos establecidos en la Norma ASTM C-566 y su equivalente nacional NTP 339.185, mediante secado en horno o métodos acelerados.

Figura 2

Representación esquemática de la humedad en el agregado



Nota: Tecnología del concreto (p. 15), A. M. Neville y Brook, D.F: Trillas 1998.

- **Porosidad (Estructura Porosa Interna)**

La porosidad se define como el volumen total de espacios vacíos, poros y cavidades presentes en el interior de las partículas individuales de agregado, expresado generalmente como porcentaje del volumen total de la partícula. Esta característica microestructural ejerce influencia determinante sobre el conjunto de propiedades físicas y mecánicas de los agregados, ya que constituye un

indicador representativo de la estructura interna del material pétreo y condiciona directamente parámetros como absorción, permeabilidad, resistencia mecánica, durabilidad y susceptibilidad al deterioro por ciclos de congelamiento-deshielo (Pasquel, 1998). Agregados con elevada porosidad tienden a presentar menor resistencia, mayor absorción de agua y menor durabilidad frente a agentes agresivos.

B. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas comprenden el conjunto de características que determinan la capacidad de los agregados para resistir y soportar solicitaciones mecánicas o tensiones generadas por agentes externos, incluyendo esfuerzos de compresión, tracción, corte, flexión e impacto. Estas propiedades resultan fundamentales para garantizar el desempeño estructural adecuado del concreto bajo diversas condiciones de carga.

- **Resistencia Mecánica**

La resistencia mecánica representa la capacidad del agregado para soportar la aplicación de fuerzas externas en diferentes modalidades de solicitación: compresión, tracción, corte y flexión. La evaluación cuantitativa de esta propiedad se realiza convencionalmente mediante ensayos de resistencia a la compresión simple, para lo cual se requiere la preparación de especímenes cilíndricos o cúbicos de dimensiones apropiadas al equipo de ensayo disponible, los cuales se obtienen mediante perforación o corte de muestras representativas de tamaño suficiente del material pétreo.

Los agregados convencionales de peso normal, caracterizados por presentar pesos específicos en el rango de 2.5 a 2.7 g/cm³, exhiben típicamente resistencias a la compresión comprendidas entre 750 y 1,200 kg/cm². Por su parte, los agregados livianos con pesos específicos entre 1.6 y 2.5 g/cm³ manifiestan generalmente resistencias a la compresión en el intervalo de 200 a 750 kg/cm² (Pasquel, 1998).

- **Tenacidad (Resistencia al Impacto)**

La tenacidad se define como la capacidad del agregado para absorber energía y resistir cargas de impacto súbitas sin fracturarse. Esta propiedad se encuentra más estrechamente relacionada con el comportamiento bajo solicitaciones de flexión que de compresión, y está influenciada significativamente por características morfológicas de las partículas como la angularidad, forma y textura superficial (Pasquel, 1998). Agregados con mayor tenacidad proporcionan concretos con mejor resistencia a cargas dinámicas y comportamiento más dúctil.

- **Dureza (Resistencia a la Abrasión)**

La dureza caracteriza la resistencia del agregado al desgaste superficial producido por la fricción entre partículas o por la acción erosiva de agentes externos. En el contexto de agregados para concreto, esta propiedad se cuantifica experimentalmente mediante el ensayo de resistencia a la abrasión en la Máquina de Los Ángeles, el cual simula condiciones severas de desgaste mediante impacto y fricción con esferas de acero en un tambor rotatorio. Agregados que presentan valores elevados de desgaste por abrasión (superiores al 50%) generan concretos con propiedades resistentes y de

durabilidad inadecuadas para la mayoría de aplicaciones estructurales (Pasquel, 1998, pp. 78-79).

Definición de Agregado Grueso

Se denomina agregado grueso al material granular pétreo constituido por partículas que quedan retenidas en el tamiz N°4 (abertura de 4.75 mm) y que cumple con los requisitos granulométricos establecidos en la especificación ASTM C33 (Standard Specification for Concrete Aggregates). Este material puede tener origen natural, proveniente de procesos geológicos de desintegración y descomposición de formaciones rocosas, o puede obtenerse mediante procesos industriales de trituración mecánica de rocas de cantera, generando partículas de forma angular y textura rugosa.

C. Tamaño máximo nominal del agregado grueso

- **Tamaño Máximo (TM)**

De acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 400.037, el tamaño máximo del agregado grueso se define como la abertura del tamiz de menor dimensión a través del cual pasa la totalidad de la muestra de agregado analizada. La determinación experimental del tamaño máximo se realiza mediante análisis granulométrico por tamizado, y convencionalmente se acepta que corresponde a la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel donde se registra una retención acumulada igual o mayor al 15% de la masa total de la muestra ensayada.

- **Tamaño Máximo Nominal (TMN)**

Para el agregado grueso, definido como el material retenido en el tamiz N°4 (abertura de 4.75 mm), la selección apropiada del tamaño máximo nominal y su distribución granulométrica deben satisfacer requisitos estrictos establecidos normativamente, con el propósito de garantizar adecuada trabajabilidad, asentamiento controlado y desempeño físico-mecánico óptimo del concreto. Los criterios de restricción geométrica para la selección del TMN se establecen de la siguiente manera:

Criterios Dimensionales:

- El tamaño máximo nominal del agregado no debe exceder un quinto (1/5) de la menor dimensión entre caras interiores de encofrados o moldes.
- Debe ser inferior a un tercio (1/3) del espesor total de losas o elementos planos.
- No debe superar tres cuartas partes (3/4) del espaciamiento libre mínimo entre barras de refuerzo, alambres, elementos de acero de refuerzo (incluyendo torones de pretensado y ductos para postensado).

Criterios Granulométricos por Tamizado:

- La fracción retenida en el tamiz de 1½" (38.1 mm) no debe exceder el 5% de la masa total.

- El material pasante por el tamiz de ¼" (6.35 mm) no debe superar el 6% de la masa total.

Excepciones y Condiciones Especiales:

Cuando los agregados disponibles no satisfacen las restricciones dimensionales o granulométricas previamente establecidas, su empleo puede autorizarse únicamente si se demuestra mediante ensayos experimentales que el concreto producido mantiene la resistencia mecánica especificada y el desempeño físico requerido conforme a los lineamientos de la Norma Técnica Peruana E.060 (Concreto Armado) y la NTP 400.037 (Agregados para Concreto).

Estas limitaciones pueden omitirse cuando se comprueba experimentalmente que la trabajabilidad de la mezcla y los métodos de compactación empleados (vibración interna, externa o combinada) son suficientemente efectivos para permitir la colocación del concreto sin la formación de vacíos, oquedades o segregación del material (comúnmente denominados "cangrejeras" o "nidos de abeja").

- **Límites Granulométricos Normalizados (Husos Granulométricos)**

La Norma Técnica Peruana NTP 400.037 establece límites granulométricos específicos (denominados husos granulométricos) para la clasificación y control de calidad del agregado grueso. Estos límites se presentan detalladamente en la Tabla 4, donde se especifican 15 husos granulométricos diferenciados según el tamaño máximo nominal del agregado, definiendo para

cada tamiz normalizado los porcentajes mínimos y máximos de material pasante que debe cumplir el agregado para ser clasificado dentro de cada categoría granulométrica.

Tabla 4

Límites granulométricos para el agregado grueso –Norma ASTM

Huso	Tamaño Máximo Nominal	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso Porcentaje que pasa por los Tamices Normalizados													
		100mm	90mm	75mm	63mm	50mm	37,5mm	25mm	19mm	12,5mm	9,5mm	4,75mm	2,36mm	1,18mm	4.75µm
		4 pulg	3 ½ pulg	3 pulg	2 ½ pulg	2 pulg	1 ½ pulg	1 pulg	¾ pulg	½ pulg	3/8 pulg	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 50
1	90mm a 37.5mm (3½ Pulg a 1½ Pulg)	100	90 a 100	0	25 a 60	0	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
2	63mm a 37.5mm (2½ Pulg a 1½ Pulg)	0	0	100	9 a 100	35 a 70	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
3	50mm a 25mm (2 Pulg a 1 Pulg)	0	0	0	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0
357	50mm a 4.75mm (2 Pulg a Nº4)	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0	0 a 5	0	0	0
4	37.5mm a 19mm (1½ Pulg a ¾Pulg)	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0
467	37.5mm a 4.75mm (1½ Pulg a Nº4)	0	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0 a 5	0	0	0
5	25mm a 12.5mm (1 Pulg a ½ Pulg)	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	0	0	0	0
56	25mm a 9.5mm (1 Pulg a 3/8 Pulg)	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	0	0	0
57	25mm a 4.75mm (1 Pulg a Nº4)	0	0	0	0	0	100	95 a 100	0	25 a 60	0	0 a 10	0 a 5	0	0
6	19mm a 9.5mm (¾Pulg a 3/8 Pulg)	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	0	0	0
67	19mm a 4.75mm (¾Pulg a Nº4)	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	0	20 a 55	0 a 10	0 a 5	0	0
7	12.5mm a 4.75mm (½ Pulg a Nº4)	0	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	0	0
8	9.5mm a 2.36mm (3/8 Pulg a Nº8)	0	0	0	0	0	0	0	0	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	0
89	9.5mm a 1.18mm (3/8 Pulg a Nº16)	0	0	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75mm a 1.18mm (Nº4 a Nº16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Nota: Norma ASTM C33:2011

2.2.2.3. Agua

La calidad del agua utilizada en la elaboración del concreto constituye un factor crítico que debe evaluarse rigurosamente, ya que la presencia de impurezas, contaminantes o sustancias disueltas puede interferir con el proceso de hidratación del cemento, afectar adversamente el desarrollo de la resistencia

mecánica del concreto, provocar eflorescencias o manchado superficial, e incluso inducir procesos de corrosión en el acero de refuerzo (Neville, 1998, p.62). Por estas razones fundamentales, resulta imperativo evaluar la idoneidad del agua tanto para su empleo en el mezclado como en las operaciones de curado del concreto.

Según Pasquel (1998), "el agua constituye el componente esencial para la reacción de hidratación del cemento y el consecuente desarrollo de sus propiedades aglomerantes, por consiguiente, este elemento debe satisfacer determinados requisitos de calidad para cumplir eficientemente su función en las reacciones químicas de hidratación, sin generar problemas colaterales derivados de la presencia de sustancias nocivas que puedan deteriorar el concreto" (p. 59).

- **Funciones del Agua en el Concreto**

El agua de mezclado en el concreto desempeña las siguientes funciones fundamentales:

- **Función Química:**

Participa como reactivo en las reacciones de hidratación del cemento Portland, combinándose químicamente con los compuestos anhidros del clinker (silicatos y aluminatos de calcio) para formar los productos hidratados que confieren las propiedades aglomerantes y resistentes a la pasta endurecida.

- **Función Física - Reológica:**

Actúa como agente lubricante entre las partículas de cemento y agregados, reduciendo la fricción interna y facilitando la trabajabilidad, fluidez y

capacidad de compactación de la mezcla fresca, permitiendo su adecuada colocación y consolidación en los encofrados.

- **Función Estructural:**

Genera la estructura porosa necesaria en la pasta de cemento para que los productos de hidratación (silicatos de calcio hidratados, hidróxido de calcio, etringita) dispongan de espacios suficientes para su formación, crecimiento y desarrollo cristalino, contribuyendo así a la formación de la matriz cementante endurecida.

- **Requisitos Normativos**

El agua empleada en la preparación y curado del concreto debe cumplir obligatoriamente con los requisitos de calidad establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 339.088 (Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland - Requisitos), siendo preferible el empleo de agua potable que cumpla con los estándares de calidad para consumo humano. La Norma NTP 339.088 especifica límites máximos permisibles para diversos parámetros físico-químicos del agua de mezclado y curado, los cuales se presentan detalladamente en la Tabla N°5, incluyendo restricciones para sólidos disueltos, cloruros, sulfatos, álcalis, materia orgánica y otras sustancias potencialmente perjudiciales para el concreto.

Tabla 5

Límites permisibles para agua de mezcla y de curado

Item	Descripción	Limite permisible		
01	Sólidos en suspensión	5000	ppm	Máximo
02	Materia orgánica	3	ppm	Máximo
03	Alcalinidad ($NaHCO_3$)	1000	ppm	Máximo
04	Sulfato (ión SO_4)	600	ppm	Máximo
05	Cloruros (ión Cl^-)	1000	ppm	Máximo
06	pH	5 a 8		

Nota: Los requisitos de calidad del agua para concreto se encuentran establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 339.088:2006 "Hormigón (Concreto). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos", publicada por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), Lima, Perú, 2006.

2.2.2.4. Aditivos

Los aditivos se definen como materiales diferentes del cemento Portland, los agregados pétreos y el agua de mezclado, que se incorporan a la mezcla de concreto antes o durante el proceso de mezclado (amasado), con el propósito de modificar una o varias de sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido, de acuerdo con los requerimientos específicos del proyecto. Estos materiales se caracterizan por aportar un volumen despreciable o insignificante a la mezcla, actuando principalmente mediante mecanismos físico-químicos que alteran el comportamiento del sistema cemento-agua-agregados.

Requisitos Normativos para Aditivos: Los aditivos químicos empleados en la fabricación del concreto deben cumplir obligatoriamente con las especificaciones técnicas establecidas en la Norma Técnica Peruana NTP

334.088 "Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto)", la cual reemplaza y actualiza las anteriores normas nacionales NTP 339.086 y NTP 339.087 del año 1981. Esta norma técnica peruana se fundamenta en la especificación internacional ASTM C 494 "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete", adoptando sus criterios de clasificación, requisitos de desempeño y métodos de ensayo para la evaluación y control de calidad de aditivos químicos para concreto.

Figura 3

Tipos de aditivos para el concreto

Tipos de aditivios	Características
PLASTIFICANTE	Los plastificantes incrementan la fluidez del concreto
SUPERPLASTIFICANTE	Aplicación en áreas de refuerzo congestionado y concreto de alta resistencia.
INCORPORADOR DE AIRE	En donde se requiera una resistencia mejorada del concreto contra los daños causado por congelación y deshielo.
ACELERANTE	Cuando se requiere de fraguado rápido y altas resistencias tempranas.
RETARDANTE	Cuando se coloca el concreto en clima caliente, en particular cuando el concreto es bombeado.

KONSTRUTECNIA.COM

Nota: Konstructecnia.com 2023.

2.2.3. Propiedades del concreto

2.2.3.1. En estado fresco

a) Trabajabilidad (Manejabilidad)

Según Gutiérrez (2003), la trabajabilidad constituye una propiedad fundamental del concreto en estado fresco que caracteriza su aptitud para ser transportado, colocado en los encofrados, compactado eficientemente mediante métodos de vibración o apisonado, y acabado superficialmente, sin que se presenten fenómenos indeseables de segregación (separación de componentes) o exudación (migración de agua hacia la superficie). Este concepto se encuentra estrechamente vinculado con el término plasticidad, entendida como la capacidad del concreto fresco para deformarse bajo la acción de fuerzas externas, adoptando la forma del molde o encofrado, y mantener dicha configuración una vez removidas las fuerzas aplicadas sin experimentar desintegración (p. 51).

La trabajabilidad representa una propiedad de carácter cualitativo que no puede cuantificarse mediante un único parámetro numérico, dado que su evaluación depende de múltiples factores inherentes a las condiciones específicas de cada proyecto, tales como: las características geométricas y configuración del encofrado; la cuantía, distribución espacial y espaciamiento del acero de refuerzo y elementos embebidos en el concreto; y los procedimientos y equipos disponibles para la compactación del material (Rivva, 2013). Por esta razón, la trabajabilidad debe evaluarse en función de los requerimientos particulares de cada aplicación constructiva.

b) Consistencia (Fluidez)

La consistencia se define como la propiedad del concreto fresco que caracteriza su grado de humedad relativa y su capacidad de fluir bajo la acción de su propio peso o mediante la aplicación de fuerzas externas. Esta propiedad

establece que a mayor contenido de agua en la mezcla (mayor humedad), mayor será la fluidez del concreto y, consecuentemente, mayor será la facilidad con que el material fluirá y se distribuirá durante las operaciones de colocación en los encofrados (Rivva, 2013).

Es fundamental establecer que los conceptos de trabajabilidad (o manejabilidad) y consistencia (o fluidez) no deben confundirse ni emplearse como sinónimos, ya que representan propiedades diferentes, aunque relacionadas del concreto fresco. La consistencia es una propiedad cuantificable mediante ensayos normalizados, mientras que la trabajabilidad es un concepto más amplio de carácter cualitativo.

Medición de la Consistencia: Entre los métodos experimentales más simples y ampliamente utilizados para cuantificar la consistencia de una mezcla fresca de concreto se encuentra el ensayo de asentamiento o revenimiento. La Norma Técnica Peruana NTP 339.035 establece el "Método de ensayo normalizado para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland", comúnmente conocido como ensayo del Cono de Abrams, el cual permite determinar la consistencia mediante la medición de la deformación vertical que experimenta una muestra de concreto fresco al remover un molde troncocónico normalizado.

Tabla 6

Clasificación de la consistencia del concreto de acuerdo al asentamiento

Descripción de la Consistencia	Asentamiento	
	(Pulg)	(mm)
Extremadamente Seco	-	-
Muy Seco	-	-
Seco	0 a 1	0 a 25
Semi-Plástico	1 a 3	25 a 75
Plástico	3 a 5	75 a 125
Semi-Fluido	5 a 7½	125 a 190
Fluido	7½ a más	190 a más

Nota: Amencan Concrete Institute, ACI 309R, 1996.

c) Segregación (Separación de Componentes)

La segregación se define como el fenómeno de separación física de los componentes constitutivos de la mezcla de concreto fresco, resultando en una distribución no uniforme de los materiales dentro de la masa.

Los principales factores que inducen la segregación incluyen la heterogeneidad en el tamaño de las partículas de agregado y una distribución granulométrica deficiente o discontinua que no garantiza un empaquetamiento adecuado. Adicionalmente, procesos constructivos inadecuados durante el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto pueden promover o intensificar este fenómeno indeseable.

La segregación se manifiesta mediante dos mecanismos diferenciados: el primero consiste en la tendencia de las partículas de mayor tamaño y densidad a descender por acción gravitacional hacia el fondo del elemento, fenómeno característico de mezclas con bajo contenido de agua, consistencia seca y plasticidad insuficiente. El segundo mecanismo implica la separación de la pasta

cementante (cemento y agua) del esqueleto granular de agregados, proceso típico de mezclas excesivamente fluidas con alto contenido de agua (Gutiérrez, 2003).

d) Exudación (Sangrado Superficial)

La exudación, también denominada sangrado, constituye un fenómeno mediante el cual una fracción del agua de mezclado migra hacia la superficie del concreto recién colocado durante el periodo de fraguado inicial, formando una película acuosa superficial. Este fenómeno representa una característica inherente al concreto debido a la diferencia de densidad entre el agua y los componentes sólidos, por lo que su control resulta fundamental para minimizar sus efectos adversos sobre la calidad del material endurecido.

La exudación puede generar problemas significativos en el concreto dependiendo de las condiciones ambientales: cuando la velocidad de evaporación del agua superficial es inferior a la velocidad de exudación, se acumula una película acuosa que incrementa localmente la relación agua/cemento en la zona superficial, generando posteriormente una capa porosa, débil y de baja resistencia a la abrasión y al desgaste superficial. Contrariamente, si la velocidad de evaporación supera la velocidad de exudación, se produce un déficit hídrico superficial que puede inducir la formación de fisuras de contracción plástica antes del fraguado final.

El control de la exudación puede lograrse mediante diversas estrategias técnicas, incluyendo: el empleo de aditivos químicos reductores de agua o modificadores de viscosidad; la utilización de cementos de mayor finura que incrementan la superficie específica y la capacidad de retención de agua; el

ajuste y optimización de la granulometría del agregado fino para mejorar la cohesión de la mezcla; y la incorporación de fibras sintéticas que contribuyen a retener el agua en la matriz del concreto.

e) Contracción (Retracción Volumétrica)

La contracción representa una de las propiedades más críticas del concreto debido a su estrecha relación con los problemas de fisuración que frecuentemente afectan la durabilidad y funcionalidad de las estructuras.

La mayoría de los problemas de agrietamiento en elementos de concreto se originan por la contracción por secado, fenómeno que se presenta tanto en el estado plástico (antes del fraguado) como en el estado endurecido. Durante ambas etapas, el concreto experimenta cambios volumétricos (reducción de volumen) causados por la pérdida progresiva de agua mediante evaporación desde la superficie expuesta hacia el ambiente circundante. Cuando estas deformaciones volumétricas se encuentran restringidas por condiciones de borde, refuerzo interno o fricción con el substrato, se generan tensiones de tracción que, al superar la resistencia a la tracción del material, producen fisuras. Esta propiedad y sus implicaciones en el comportamiento estructural serán analizadas con mayor profundidad en secciones posteriores del presente documento.

2.2.3.2. En estado endurecido

Según Rivva López (2000), las propiedades fundamentales del concreto en estado endurecido que determinan su desempeño estructural y funcional comprenden: las resistencias mecánicas (compresión, tracción, flexión y corte),

la durabilidad frente a agentes agresivos, las propiedades elásticas y de deformación, los cambios volumétricos por efectos térmicos e hídricos, la impermeabilidad y permeabilidad, la resistencia al desgaste por abrasión, la resistencia a fenómenos de cavitación, las propiedades térmicas y acústicas, y las características de apariencia superficial.

a. Resistencia Mecánica del Concreto

Estrada y Páez (2014) establecen que la resistencia del concreto endurecido constituye la propiedad mecánica fundamental para satisfacer los requerimientos estructurales de diseño, razón por la cual tradicionalmente se le considera como la característica más valiosa e importante del material. No obstante, resulta imperativo reconocer que en numerosas aplicaciones prácticas, otras propiedades como la durabilidad frente a ambientes agresivos y la permeabilidad ante la penetración de agentes nocivos, pueden adquirir una importancia equivalente o incluso superior a la resistencia mecánica para garantizar el desempeño a largo plazo de la estructura.

El hormigón es resistente a las tensiones de compresión, tracción y flexión, entre otras, lo que lo convierte en un material estructural ideal. La resistencia a la compresión es la característica más importante que hay que medir experimentalmente, ya que es el valor más elevado (aproximadamente 10 veces superior a la resistencia a la tracción). Esta importancia es bien merecida, ya que la resistencia a la compresión es la característica principal que se tiene en cuenta a la hora de construir con hormigón. Además de ser un criterio útil para el control de calidad, la resistencia a la compresión es un indicador fiable que se corresponde con la magnitud de las demás características mecánicas del

material. Los ensayos normalizados de compresión axial en probetas cilíndricas estándar ofrecen una forma muy sencilla de estimar el valor mínimo de resistencia a la compresión que debe alcanzar el hormigón tras 28 días de maduración, tal y como establecen los requisitos técnicos y las normas (Estrada y Páez, 2014).

b. Resistencia a la Compresión del Concreto (f'c)

Según Ottazzi (2004), el valor de f'c (resistencia característica a la compresión) se emplea convencionalmente como el principal indicador de la calidad y desempeño mecánico del concreto. Si bien es cierto que pueden existir otros parámetros igualmente importantes o más relevantes dependiendo del tipo de solicitaciones actuantes y de la función específica del elemento estructural o sistema constructivo, la resistencia a compresión mantiene su posición como parámetro fundamental de caracterización. Las normas técnicas y códigos de diseño estructural establecen correlaciones empíricas entre el valor de f'c y diversas características mecánicas del concreto, tales como: el módulo de elasticidad, la resistencia a la tracción directa e indirecta, la resistencia al corte, la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo, entre otras propiedades derivadas.

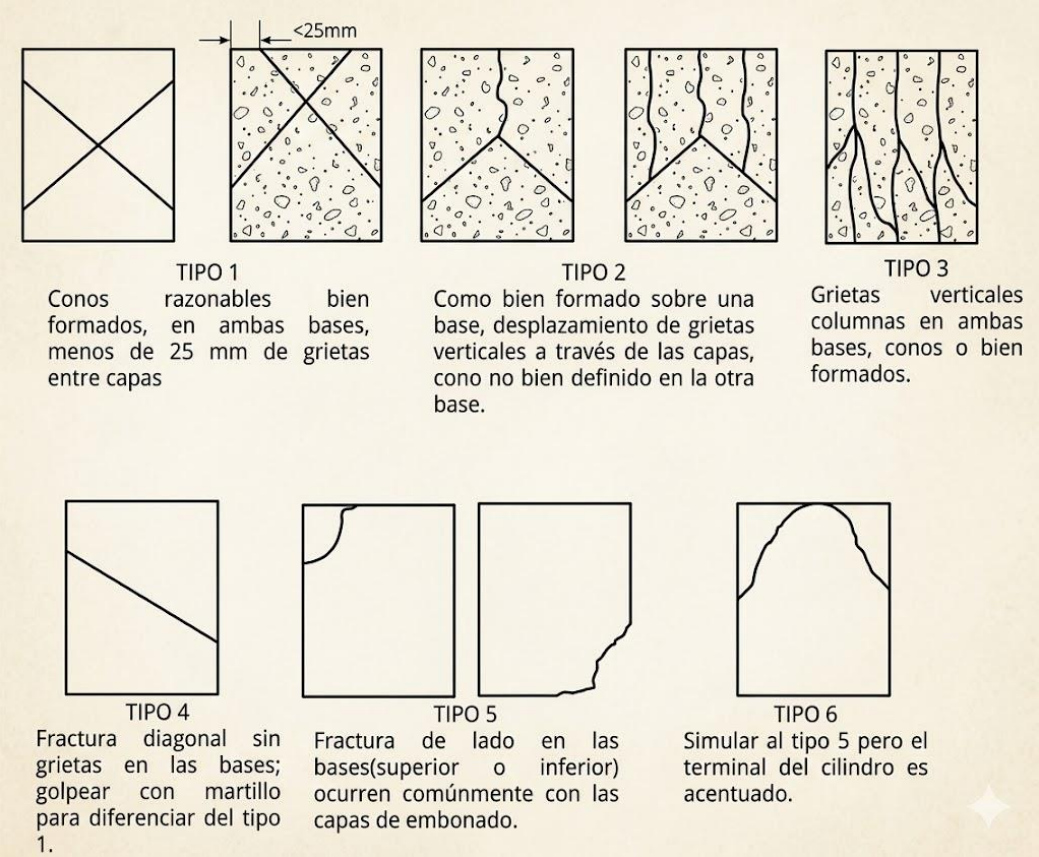
La resistencia a la compresión se determina experimentalmente mediante ensayos de laboratorio realizados sobre probetas cilíndricas estándar sometidas a carga axial de compresión hasta la falla. Este ensayo constituye el método normalizado para monitorear y verificar la resistencia del concreto, tanto para propósitos de control de calidad durante la producción como para la aceptación del concreto suministrado a obra. Los procedimientos para la elaboración,

curado y ensayo de las probetas se encuentran rigurosamente regulados por las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), específicamente las normas ASTM C 31 (elaboración y curado de especímenes) y ASTM C 39 (ensayo de resistencia a compresión).

La Figura 4 ilustra el ensayo normalizado de resistencia a compresión de una probeta cilíndrica de concreto en el instante en que alcanza la falla o ruptura por aplastamiento bajo carga axial.

Figura 4

Tipos de fallas del concreto



Nota: NTP (2015)

2.2.4. Diseño de mezcla

El concreto constituye un material compuesto de naturaleza heterogénea formado esencialmente por cuatro componentes principales: cemento Portland como agente aglomerante, agua de mezclado que reacciona con el cemento formando la pasta cementante, agregados pétreos en sus fracciones fina (arena) y gruesa (grava o piedra triturada) que conforman el esqueleto granular resistente, y una pequeña proporción de aire naturalmente atrapado durante el proceso de mezclado. Las propiedades y el desempeño del concreto pueden optimizarse mediante la incorporación de aditivos químicos (plastificantes, acelerantes, retardadores) y/o adiciones minerales (microsílice, cenizas volantes, escoria) que actúan como modificadores de sus características (Rivva, 2013).

La selección apropiada de los materiales constituyentes y la determinación de sus proporciones relativas en la mezcla deben fundamentarse en un análisis integral que considere simultáneamente aspectos económicos (optimización de costos de producción) y el cumplimiento riguroso de especificaciones técnicas establecidas tanto para el concreto en estado fresco (trabajabilidad, tiempo de fraguado, densidad) como para el concreto en estado endurecido (resistencia mecánica, durabilidad, impermeabilidad) (Rivva, 2013).

A. Concepto y Objetivos del Diseño de Mezclas

Según Neville y Brooks (1998), el diseño de mezclas de concreto se define como el proceso técnico-científico mediante el cual se determina la combinación óptima y las proporciones adecuadas de los materiales constituyentes, con el propósito de producir un concreto económicamente viable que satisfaga

requisitos mínimos específicos de desempeño, y que simultáneamente exhiba características deseables de trabajabilidad en estado fresco, resistencia mecánica adecuada y durabilidad a largo plazo en condiciones de servicio.

El propósito fundamental del diseño de mezclas consiste en establecer, mediante procedimientos de cálculo y ajuste experimental, las cantidades o dosificaciones precisas de cada uno de los ingredientes que deben combinarse para obtener un concreto con las propiedades requeridas por el proyecto específico. Las condiciones y parámetros que deben considerarse en el diseño de mezclas son particulares y específicos para cada proyecto constructivo o para cada elemento estructural dentro de un mismo proyecto, dependiendo de factores tales como: las solicitaciones mecánicas de diseño, las condiciones ambientales de exposición, los procedimientos constructivos disponibles, y las restricciones geométricas de los elementos a construir. La Tabla N° 7 presenta una síntesis de estas condiciones y requisitos específicos que deben satisfacerse en el proceso de diseño de mezclas (Zavaleta, 1992).

Tabla 7

Condiciones generales para Diseño de Mezclas

Tipo de condición	Características Relacionadas		Parámetros Condicionantes
Condición de Diseño	Resistencia		Tipo de Cemento
			Relación A/C
Condición de Uso en Obra	Trabajabilidad	Fluidez	Dosis de Agua
		Consistencia	Granulometría total
	Características del Elemento		Tamaño Máximo
Condición de Durabilidad	Condiciones Ambientales Ataques agresivos		Tipo de Cemento
			Uso de Aditivo
			Dosis Mínima de Cemento

Nota: Zavaleta G., H. (1992). El Hormigón: Compendio de Tecnología del Concreto (p. 79). Edición revisada. Santiago de Chile: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (ICH).

A partir de la información presentada en la tabla precedente, se han identificado y extraído los parámetros fundamentales necesarios para el procedimiento de diseño de mezclas de concreto, los cuales se presentan de manera sintetizada y organizada en la Tabla N° 8.

Tabla 8

Parámetros para un Diseño de Mezclas

Parámetros de partida para un Diseño de Mezclas	Tipo de Cemento
	Relación Agua/Cemento
	Tamaño Máximo
	Consistencia
	Uso de Aditivos

Nota: Zavaleta G., H. (1992). El Hormigón: Compendio de Tecnología del Concreto (p. 79). Edición revisada. Santiago de Chile: Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (ICH).

2.3. Marco conceptual

- Agregado: Material de naturaleza granular, procedente de fuentes naturales (depósitos aluviales, lechos de ríos) o de procesos artificiales de trituración mecánica, tales como arena, grava, piedra chancada y escoria siderúrgica de alto horno, que se emplea en combinación con un material cementante para la fabricación de concreto o mortero hidráulico (Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, 2014).

- Agregado Fino: Fracción granular resultante de procesos de desintegración natural (meteorización, erosión) o artificial (trituración mecánica), caracterizada por pasar completamente a través del tamiz normalizado de 9,5 mm (3/8 de pulgada).

- Agregado Grueso: Fracción granular que queda retenida en el tamiz normalizado de 4,75 mm (N° 4), proveniente de la fragmentación natural por intemperismo o de la trituración mecánica controlada de formaciones rocosas (Norma E.060 del RNE, 2014).

- Asentamiento del Concreto (Slump): Medida de la consistencia del concreto fresco, definida como la diferencia vertical entre la altura del molde troncocónico normalizado (Cono de Abrams) y la altura final de la masa de concreto después de retirar el molde, medida en el eje central de la probeta y expresada en pulgadas o centímetros (Absalón y Salas, 2008).

- Cemento Portland: Material cementante hidráulico obtenido mediante la molienda fina del clinker portland (producto de la calcinación de materias primas calcáreas y arcillosas), al cual se adiciona una cantidad regulada de sulfato de calcio (yeso) para controlar el tiempo de fraguado (Norma E.060 del RNE, 2014).

- Concreto: Material compuesto constituido por la mezcla homogénea de cemento Portland u otro cemento hidráulico, agregado fino (arena), agregado grueso (grava o piedra triturada)

y agua de mezclado, con o sin la incorporación de aditivos químicos o adiciones minerales (Norma E.060 del RNE, 2014).

- Diseño de Mezcla: Según Absalón y Salas (2008), el diseño de la mezcla es un procedimiento técnico que se utiliza para determinar las mejores combinaciones de cemento, agua, áridos y aditivos. El objetivo es obtener un hormigón que sea manejable, resistente y duradero en un volumen de un metro cúbico.

- Pasta de Cemento: Sistema coloidal formado por la mezcla íntima de cemento Portland y agua, que mediante reacciones de hidratación desarrolla propiedades aglomerantes y constituye la matriz que une las partículas de agregado en el concreto (Norma E.060 del RNE, 2014).

- Relación Agua/Cemento (a/c): Una magnitud adimensional conocida como relación agua-cemento (w/c) es la relación entre la masa de cemento y la masa de agua libre de mezcla (sin incluir el agua absorbida por las partículas) en una mezcla de hormigón determinada. La resistencia mecánica y la durabilidad del hormigón endurecido dependen fundamentalmente de esta característica (Absalón y Salas, 2008).

- Resistencia Especificada a la Compresión (f'c): Valor de resistencia a la compresión del concreto, expresado en kg/cm² o MPa, establecido en los documentos del proyecto y utilizado como parámetro de diseño estructural y como criterio de aceptación del concreto producido. Representa la resistencia característica que

debe alcanzarse a la edad de 28 días en condiciones normalizadas de curado (Norma E.060 del RNE, 2014).

- Testigos de Concreto (Probetas o Especímenes): Muestras cilíndricas o prismáticas de concreto, elaboradas y curadas bajo condiciones normalizadas, destinadas a la determinación experimental de las propiedades mecánicas del material (principalmente resistencia a compresión) y al control sistemático de la calidad del concreto durante la construcción (Absalón y Salas, 2008).

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

Mediante procesos de medición estandarizados, este estudio recopila y analiza de forma sistemática datos numéricos, caracterizándose por un enfoque metodológico cuantitativo. De acuerdo con procedimientos técnicos predeterminados, los experimentos se llevan a cabo en un entorno controlado para obtener los resultados experimentales. Para facilitar la comprensión y el análisis de los datos, los procesamos estadísticamente y, a continuación, los presentamos de forma organizada mediante tablas, cuadros comparativos y gráficos.

3.2. Nivel de investigación

El estudio corresponde a un nivel explicativo, puesto que establece vínculos causales entre variables. En particular, analiza de qué manera las

diferencias en la distribución granulométrica de los áridos determinan las variaciones en la resistencia final de los hormigones producidos.

3.3. Tipo de Investigación

El estudio corresponde a un nivel explicativo, puesto que analiza las relaciones de causa y efecto presentes en el fenómeno investigado. Específicamente, examina cómo las variaciones en la granulometría de los agregados inciden directamente sobre las distintas resistencias mecánicas que desarrollan los concretos elaborados a partir de dichos materiales.

Asimismo, la investigación es de tipo aplicada, ya que, conforme a lo señalado por Álvarez Risco (2020), su propósito central es generar nuevo conocimiento que permita formular soluciones concretas y viables frente a problemas identificados en la práctica.

3.4. Diseño de investigación

Dado que la resistencia a la compresión fue la única variable de respuesta sometida a ensayo y análisis, la investigación utilizó una metodología cuasi-experimental. Con el fin de determinar el impacto de las variables independientes en el comportamiento de la variable objeto de estudio, se dejó que estas actuaran de forma controlada y sin interferencias. Uno de estos elementos fue la edad del hormigón. El trabajo de Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2010) sienta las bases de esta técnica metodológica.

3.5. Población y muestra

Población de Estudio: De acuerdo con Saiz Manzanares (2018), la población se define como el conjunto total de unidades de análisis o elementos

que comparten características comunes y constituyen el universo de interés para la investigación. En el contexto del presente estudio, la población estuvo conformada por el conjunto completo de mezclas de concreto con resistencia especificada f'c = 210 kg/cm², elaboradas con diferentes dosificaciones utilizando agregado grueso proveniente de la cantera Unocolla, y evaluadas a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días). Cada mezcla fue representada mediante probetas cilíndricas normalizadas fabricadas bajo condiciones controladas de laboratorio.

Muestra de Investigación: López Roldán et al. (2017) afirman que, para garantizar la validez y la fiabilidad de los resultados, se utilizan criterios técnicos y estadísticos para seleccionar un subconjunto de elementos de la población total que represente a la muestra. En este estudio, se evaluó la resistencia a la compresión axial mediante ensayos de laboratorio normalizados realizados en 27 probetas cilíndricas de hormigón. Los cuerpos de ensayo se dividieron aleatoriamente en tres grupos según la dosis de silicato de sodio aplicada; se sometieron a ensayo tres cuerpos de ensayo a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 9

Número de especímenes de concreto

Cantera	TMN del agregado grueso	Compresión		
		7 días	14 días	28 días
Unocolla	1 1/2”	3	3	3
	1”	3	3	3
	3/4”	3	3	3
Total			27	

3.6. Técnicas e instrumentos

Observación Directa Controlada:

Esta técnica consiste en el registro sistemático y estructurado de información mediante la percepción intencional, selectiva y planificada del investigador durante la ejecución de los procedimientos experimentales. La observación se aplicará de manera continua en todos los ensayos de laboratorio realizados, permitiendo al investigador controlar las variables del proceso, verificar el cumplimiento riguroso de los protocolos normalizados establecidos por el American Concrete Institute (ACI) y la American Society for Testing and Materials (ASTM), y documentar cualquier eventualidad o comportamiento relevante durante la fabricación, curado y ensayo de las probetas de concreto.

Análisis Documental y Revisión Bibliográfica:

Esta técnica implica la recopilación, sistematización y análisis crítico de información proveniente de fuentes secundarias de carácter científico y técnico. Las fuentes consultadas incluyen: investigaciones previas (tesis de pregrado, maestría y doctorado de ámbito nacional e internacional), normativas técnicas vigentes (ASTM, ACI, NTP del INDECOPI), textos especializados en tecnología del concreto, artículos científicos publicados en revistas indexadas, manuales técnicos y documentos institucionales. Toda la información documental utilizada se encuentra debidamente citada y referenciada conforme a normas académicas establecidas. Esta técnica proporciona el marco teórico-conceptual necesario para el análisis e interpretación fundamentada de las variables de estudio.

Ensayos Normalizados de Laboratorio:

Constituyen la técnica principal y fundamental para la obtención de datos experimentales cuantitativos en la presente investigación. Los ensayos mecánicos que se ejecutarán sobre las probetas cilíndricas de concreto son los siguientes:

Ensayo de Resistencia a la Compresión Axial:

Se realizará siguiendo estrictamente el procedimiento normalizado establecido en la norma ASTM C 39/C 39M (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens), a las edades de curado de 7, 14 y 28 días. Este ensayo permite determinar la resistencia máxima a compresión del concreto, expresada en kg/cm² o MPa.

Los datos numéricos obtenidos de cada ensayo (carga máxima aplicada, resistencia calculada, tipo de falla, edad de ensayo) serán registrados de manera inmediata y sistemática en fichas técnicas de resumen diseñadas específicamente para este propósito, garantizando así la trazabilidad, confiabilidad y posterior procesamiento estadístico de la información experimental.

3.6.1. Procedimiento experimental

3.6.1.1. Cantera Unocolla

Ubicación y Acceso a la Cantera

La cantera se localiza a una distancia aproximada de 8 kilómetros desde el centro urbano de la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno. El acceso a este yacimiento de agregados se realiza mediante la

carretera asfaltada Juliaca – Lampa, que facilita el transporte de los materiales extraídos hacia las plantas de procesamiento y obras de construcción de la región.

Características de Explotación y Entorno

La extracción de agregados pétreos de los depósitos aluviales ubicados en las márgenes del río se efectúa mediante dos modalidades operativas: extracción manual (utilizando herramientas básicas como palas, picos y carretillas) y extracción mecanizada (empleando maquinaria pesada como cargadores frontales, excavadoras y volquetes).

El entorno natural circundante a la zona de explotación presenta cobertura vegetal característica del altiplano andino, dominada principalmente por especies de gramíneas nativas como el ichu (Stipa ichu) y pastos naturales que son aprovechados estacionalmente para el pastoreo de ganado vacuno, ovino y camélido por parte de las comunidades locales.

Figura 5

Traslado del agregado



3.6.1.2. Caracterización de los agregados

A. Contenido de humedad (N.T.P. 339.185)

Preparación de la Muestra: Se extrajeron porciones representativas de agregado según las cantidades mínimas especificadas en la Norma Técnica Peruana NTP 339.185: 500 gramos para agregado fino (AF) y 3000 gramos para agregado grueso (AG), esta última cantidad determinada en función del tamaño máximo nominal del material pétreo.

Procedimiento de Ensayo: El ensayo de contenido de humedad se ejecutó siguiendo la secuencia normalizada que se describe a continuación:

Paso 1 - Tara inicial: Se determinó y registró la masa de la tara o recipiente vacío (T), previamente limpio y seco, utilizando una balanza de precisión.

Paso 2 - Masa húmeda: Se depositó la muestra de agregado en estado natural dentro del recipiente tarado y se procedió a pesar el conjunto completo (tara + agregado húmedo), registrando este valor como masa húmeda total (H).

Paso 3 - Secado en horno: Como tercer paso, la muestra contenida en el frasco de pesaje se secó en un horno a una temperatura regulada de 110 °C ± 5 °C durante 24 horas. Esto fue suficiente para eliminar toda la humedad libre del árido.

Paso 4 - Para determinar la masa seca total (S), se midió el peso de la muestra (tara más árido seco), que se registró tras sacarla del horno y dejarla enfriar a temperatura ambiente en un desecador para evitar la absorción de la humedad del aire. Este proceso se repitió cuatro veces.

Paso 5 - Cálculo del contenido de humedad: Con los datos obtenidos (T, H y S), se calculó el porcentaje de humedad del material aplicando la fórmula normalizada correspondiente.

Figura 6

Muestras en el horno



B. Peso específico y capacidad de absorción del agregado grueso (ASTM C127)

Etapa 1 - Preparación y saturación de la muestra: En función del tamaño máximo nominal del agregado grueso, se seleccionó una porción representativa de 2000 gramos de material. La muestra se sumergió completamente en agua potable a temperatura ambiente durante un período de 24 horas, con el objetivo de lograr la saturación completa de los poros permeables del agregado.

Etapa 2 - Condición saturada superficialmente seca (SSS): Cumplido el tiempo de saturación, se extrajo cuidadosamente la muestra del recipiente con agua. El material saturado se extendió sobre una superficie plana y se procedió a secar la película superficial de agua mediante un paño absorbente limpio, aplicando presiones suaves hasta alcanzar la condición de saturado

superficialmente seco (SSS), estado en el cual los poros internos permanecen llenos de agua pero la superficie externa está seca. En esta condición se determinó y registró la masa del agregado (B).

Etapa 3 - Peso sumergido: Inmediatamente después del pesaje en condición SSS, la muestra se colocó dentro de una canastilla metálica de alambre previamente tarada, la cual se sumergió completamente en un recipiente con agua mantenida a una temperatura controlada de 23°C ± 1.7°C. Se registró la masa del agregado sumergido, valor necesario para calcular el volumen desplazado y el peso específico del material.

Etapa 4 - Secado al horno y peso seco: El cuarto paso, el secado en horno y la determinación del peso en seco, consistió en sacar la muestra del agua y colocarla en un horno de secado a una temperatura constante de 100 °C ± 5 °C hasta que alcanzara un peso constante, lo que significaba que se había eliminado toda el agua. Una vez finalizado el secado, el material se sacó del horno y se enfrió a temperatura ambiente en un desecador para evitar la rehidratación. A continuación, se midió la masa del material en su estado seco, un valor importante para determinar la densidad y la absorción del árido grueso.

Figura 7

Absorción del agregado grueso



C. Peso específico y capacidad de absorción del agregado fino

Fase 1 - Saturación inicial: saturación inicial. Se seleccionó una muestra de 1.000 gramos de árido fino y se sumergió en agua a temperatura ambiente durante 24 horas para garantizar que todos los poros del material quedaran saturados.

Fase 2 - Presecado superficial: El segundo paso, el presecado superficial, consistió en decantar con cuidado el agua libre una vez transcurrido el intervalo de saturación. El árido húmedo se colocó en una bandeja metálica y se secó bajo una supervisión cuidadosa utilizando una placa calefactora eléctrica con control de temperatura. Para mantener la uniformidad del proceso de secado y evitar un sobrecalentamiento localizado, el material se removió continuamente con una espátula.

Fase 3 - Determinación de la condición SSS (Ensayo del Cono): Para verificar el estado saturado superficialmente seco, se empleó el molde cónico truncado normalizado (diámetro de base inferior 90 mm, diámetro de base superior 40 mm y altura 75 mm). El agregado se colocó en el interior del molde en tres capas iguales, aplicando 25 golpes de compactación por capa mediante un pisón metálico de 340 gramos de masa. Al retirar verticalmente el molde, si el agregado mantiene su forma, pero se desmorona aproximadamente un tercio de su altura superior al aplicar una ligera vibración lateral, se confirma que ha alcanzado la condición SSS. En caso contrario, se continuó el secado superficial y se repitió la prueba hasta lograr la condición deseada.

Fase 4 - Preparación del picnómetro: Se calibró un matraz volumétrico (fiola) de 500 ml llenándolo con agua destilada hasta la marca de aforo y se

determinó su masa total. Posteriormente se vació completamente el agua del recipiente.

Fase 5 - Ensayo picnométrico: Se introdujeron 500 gramos de agregado fino en condición SSS dentro del matraz vacío. Se añadió agua destilada hasta cubrir aproximadamente el 90% de la capacidad del recipiente. Para eliminar las burbujas de aire atrapadas entre las partículas, se hizo rodar suavemente el matraz sobre una superficie horizontal plana durante aproximadamente un minuto, imprimiendo movimientos circulares y de inversión.

Fase 6 - Aforado y pesaje: Una vez eliminado el aire ocluido, se completó el llenado del matraz con agua destilada hasta alcanzar exactamente la marca de calibración de 500 ml. Se limpió y secó cuidadosamente el exterior del recipiente y se determinó la masa total del conjunto (matraz + agregado + agua).

Fase 7 - Determinación de la masa seca: El último paso, que consiste en determinar la masa seca, consistió en dejar reposar el contenido del matraz para que el agregado se sedimentara por completo. Una vez eliminado el líquido de la parte superior, se extrajo la muestra y se colocó en un recipiente hermético. A continuación, se secó en un horno a 100 °C ± 5 °C hasta que alcanzó una masa constante. Para determinar la densidad y el porcentaje de absorción, es imprescindible conocer la masa del árido cuando está totalmente seco, la cual se midió tras enfriarlo en un desecador.

Figura 8

Peso específico del agregado fino



D. Análisis granulométrico del agregado fino

Paso 1 - Secado de la muestra: El material de agregado fino se introdujo en un horno de secado calibrado, manteniéndolo a una temperatura controlada de 110°C ± 5°C durante un período de 24 horas, con el propósito de eliminar completamente la humedad presente y obtener resultados precisos en el análisis granulométrico.

Paso 2 - Preparación de especímenes: Una vez seco y enfriado el material, se prepararon tres muestras individuales de agregado fino, cada una con una masa de 500 gramos, pesadas con precisión en una balanza analítica. Esta triplicación permite verificar la repetibilidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Paso 3 - Ensamblaje de la columna de tamices: Se organizó una serie de tamices normalizados en orden descendente según el tamaño de abertura de malla, desde el tamiz Nº 4 (4.75 mm) en la parte superior hasta el tamiz Nº 200

(0.075 mm) en la parte inferior, colocando al final un recipiente colector (fondo o charola) para capturar el material más fino que pasa la última malla.

Paso 4 - Tamizado: Cada muestra se depositó en el tamiz superior de la columna ensamblada. Se ejecutó el proceso de tamizado mediante agitación manual vigorosa y continua, imprimiendo movimientos horizontales, circulares y verticales combinados, durante el tiempo necesario hasta que la cantidad de material que pasa cada tamiz por minuto sea inferior al 1% de la masa retenida, lo cual indica que se ha alcanzado un estado de equilibrio en la distribución granulométrica.

Paso 5 - Determinación de masas retenidas: Finalizado el tamizado, se extrajo cuidadosamente el material retenido en cada tamiz individual, así como el contenido del fondo, y se determinó su masa utilizando una balanza analítica con precisión de 0.1 gramos. Los valores se registraron sistemáticamente en una hoja de datos para su posterior procesamiento.

Paso 6 - Verificación de pérdidas: Se realizó la sumatoria de todas las masas retenidas en los tamices más la masa del fondo, comparando este valor total con la masa inicial de la muestra seca colocada en la columna de tamices. Según el criterio de aceptación establecido por la norma ASTM C136, si la diferencia entre ambos valores excede el 0.3% de la masa seca original, el ensayo se considera inválido y debe repetirse, ya que esto indica pérdidas significativas de material durante el proceso de tamizado que comprometen la confiabilidad de los resultados.

Figura 9

Tamizado del agregado fino



E. Análisis granulométrico del agregado grueso

Etapa 1 - Acondicionamiento térmico: El agregado grueso se sometió a un proceso de secado en horno a temperatura constante de 110°C ± 5°C durante 24 horas, eliminando así toda la humedad contenida en el material y asegurando condiciones óptimas para la determinación precisa de las masas durante el análisis granulométrico.

Etapa 2 - Obtención de muestras de ensayo: Posterior al secado y enfriamiento del material en desecador, se extrajeron tres porciones representativas de agregado grueso, cada una con masa de 3500 gramos, determinadas mediante balanza de precisión. La utilización de tres réplicas permite validar estadísticamente la consistencia de la distribución granulométrica del material.

Etapa 3 - Configuración del sistema de tamizado: Se ensambló una columna vertical de tamices normalizados, dispuestos en secuencia

descendente según la dimensión de las aberturas cuadradas de malla: 1½" (37.5 mm), 1" (25.0 mm), ¾" (19.0 mm), ½" (12.5 mm), ⅜" (9.5 mm), Nº 4 (4.75 mm), Nº 8 (2.36 mm) y Nº 16 (1.18 mm), finalizando con una bandeja colectora en la base para retener las partículas finas que atraviesan el último tamiz.

Etapa 4 - Proceso de separación granulométrica: Cada muestra se depositó sobre el tamiz de mayor abertura y se ejecutó el tamizado mediante agitación manual controlada, aplicando movimientos laterales, rotacionales y de sacudida vertical, hasta lograr que la cantidad de material que pasa por cada malla se estabilice, indicando la separación completa de las fracciones granulométricas.

Etapa 5 - Cuantificación de fracciones retenidas: Una vez finalizado el proceso de tamizado, se utilizó una balanza analítica con una resolución de 0,1 gramos para medir individualmente la masa del material retenido en cada tamiz, incluido el contenido de la bandeja inferior. Con el fin de analizar y determinar las características distintivas de la distribución granulométrica del árido grueso, los datos recopilados se documentaron de forma sistemática.

Figura 10

Tamizado del agregado grueso



F. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y agregado grueso

Fase Preliminar - Calibración del molde:

Se determinó la masa del recipiente cilíndrico metálico vacío utilizando una balanza de precisión. Posteriormente, el molde se llenó completamente con agua a temperatura ambiente hasta el borde superior, y se registró la masa total del conjunto (molde + agua). La diferencia entre ambas masas, dividida por la densidad del agua, permitió calcular el volumen interno exacto del molde expresado en metros cúbicos (m^3), valor fundamental para los cálculos posteriores de peso unitario.

Determinación del Peso Unitario Suelto

Paso 1 - Llenado por vertido libre: En primer lugar, se llenó el molde calibrado dejando que el árido (fino o grueso, según fuera necesario) cayera libremente desde una altura de 50 mm por encima del borde superior del recipiente, utilizando una pequeña pala o cuchara. El material se fue vertiendo de forma uniforme y constante hasta que sobresalió por el borde del molde.

Paso 2 - Enrasado: Tras llenar el recipiente hasta el borde, se utilizó una varilla metálica recta a modo de regla para alisar suavemente la superficie superior del árido en dirección horizontal, retirando el material sobrante sin ejercer presión ni provocar una mayor compactación.

Paso 3 - Determinación de masa: En tercer lugar, se determinó la masa del conjunto pesando conjuntamente el molde y el árido suelto. A continuación, se utilizó el método habitual para obtener el peso unitario del material suelto.

Determinación del Peso Unitario Compactado

Paso 1 - Llenado por capas: En primer lugar, colocamos el árido en el molde en tres capas horizontales, asegurándonos de que cada capa tuviera aproximadamente el mismo volumen y ocupara un tercio de la altura del recipiente.

Paso 2 - Compactación sistemática: La aplicación de 25 golpes con una varilla de acero convencional (16 mm de diámetro, 600 mm de longitud y punta semiesférica) garantizó que cada capa quedara comprimida por igual. La varilla se insertó por completo en la capa compactada y unos 25 mm en la capa inferior, con la excepción de la capa inicial, en la que no debía golpear el fondo del molde con demasiada fuerza. Los golpes se distribuyeron uniformemente por toda la superficie de la capa.

Paso 3 - Enrasado final: En tercer lugar, nivelar la superficie del árido compactado. Tras compactar la tercera capa, utilizar la varilla de compactación como regla y alisar o serrar el material hasta que quede a ras del borde del molde.

Paso 4 - Pesaje y cálculo: Por último, se calculó la masa total del conjunto (molde + árido compactado) en la báscula de precisión. Este fue el cuarto paso del proceso, que también implica cálculos. El peso unitario compactado del árido se determinó aplicando la ecuación matemática especificada en la norma ASTM C29 a este valor, a la masa del molde vacío y al volumen calibrado del recipiente.

Figura 11

Pesos unitarios de los agregados



3.6.2. Diseño de Mezcla

La mezcla de hormigón se diseñó para cumplir los requisitos establecidos por el Comité 211 de la ACI. El objetivo es conseguir un diseño de mezcla capaz de soportar cargas de hasta 210 kg/cm².

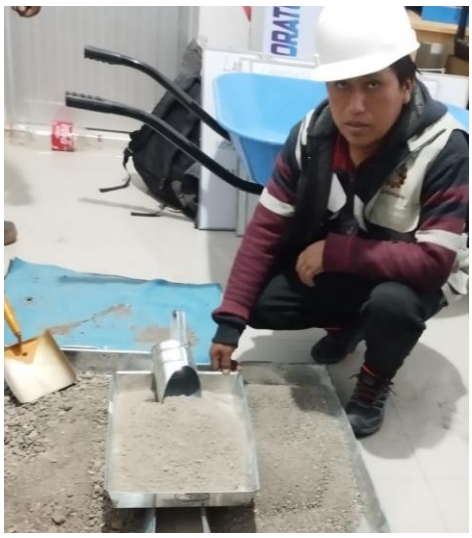
El diseño de la mezcla incluye diversos porcentajes de áridos gruesos y finos, junto con agua y áridos triturados. Solo utilizando una mezcla homogénea es posible llevar a cabo todos los ensayos requeridos. Para mezclar el hormigón se utilizó la maquinaria que se indica a continuación.

La preparación del diseño de mezclas en el bugui (carretilla) implica seleccione proporciones adecuadas de cemento, arena y grava (usualmente en volúmenes o ajustadas al tipo de agregado, como confitillo), asegurando una buena trabajabilidad y resistencia, a través de la cuantificación de materiales (agua/cemento, aire, agregados) y ensayos (asentamiento) para

cumplir especificaciones de obra, preparando la mezcla en la carretilla para uso inmediato, como se detalla en manuales y guías de construcción.

Figura 12

Preparación de la mezcla





3.6.3. Asentamiento del concreto

La mayoría de las personas utilizan el ensayo de asentamiento del hormigón, también conocido como ensayo del cono de Abrams, para determinar la fluidez y la facilidad de trabajo del hormigón recién mezclado. En Perú se rige por la norma NTP 339.035, mientras que a nivel mundial se rige por la norma ASTM C143.

Paso 1: Preparación

Humedecer el interior del cono y la placa base para evitar que el metal absorba agua de la mezcla. Colocar la placa sobre una superficie nivelada y firme.

Paso 2: Sujeción

El operador debe pararse sobre las aletas laterales del cono para mantenerlo firmemente sujeto contra la base mientras se llena.

Paso 3: Llenado en 3 capas

- El cono se llena en tres capas de igual volumen (no de igual altura):
- Primera capa: Se llena hasta una altura de 7 cm aproximadamente. Se compacta con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente en toda la sección.
- Segunda capa: Se llena hasta una altura de 16 cm aproximadamente. Se compacta con 25 golpes, asegurando que la varilla penetre aproximadamente 1 pulgada (2.5 cm) en la capa inferior.
- Tercera capa: Se llena hasta que el concreto desborde el cono. Se compacta con 25 golpes, penetrando nuevamente 1 pulgada en la capa anterior. Si el nivel baja, se agrega más concreto para mantener siempre el exceso sobre el borde.

Paso 4: Enrase

Utiliza la varilla vibratoria como regla y corta el hormigón sobrante de la parte superior con un movimiento de sierra hasta que la superficie quede a ras del borde del cono. Retira cualquier resto de hormigón roto que pueda haber caído alrededor de los cimientos.

Paso 5: Levantamiento del cono

Retirar los pies de las aletas y levantar el cono verticalmente con cuidado, sin movimientos laterales ni de rotación. El levantamiento debe durar entre 3 y 7 segundos.

Paso 6: Medición del asentamiento (Slump)

- Colocar el cono invertido al lado de la masa de concreto.
- Colocar la varilla de forma horizontal sobre el cono.
- Medir la distancia vertical desde la parte inferior de la varilla hasta el centro original desplazado de la cara superior del concreto.

Figura 13

Prueba de la trabajabilidad del concreto



3.6.4. Elaboración de probetas

Para garantizar que la mezcla cumpla con la resistencia de diseño en este caso, f'c = 210 kg/cm², se preparan muestras de hormigón fresco mediante la fabricación de probetas (cilindros). La norma peruana NTP 339.033 (también conocida como ASTM C31) regula este método.

Se seguirá el siguiente procedimiento:

Paso 1: Preparación de los moldes

Coloca los moldes sobre una superficie rígida, nivelada y libre de vibraciones. Aplica una capa delgada de desmoldante en las paredes internas.

Paso 2: Llenado en capas

- Para probetas de 6x12 pulgadas, el llenado se realiza en 3 capas de igual volumen (aproximadamente 10 cm de altura por capa):
- Primera Capa: Vierte el concreto hasta un tercio del volumen. Varilla 25 veces de forma uniforme en toda la sección. Luego, golpea suavemente el exterior del molde de 10 a 15 veces con el martillo de goma para cerrar los huecos dejados por la varilla.
- Segunda Capa: Vierte concreto hasta los dos tercios. Varilla 25 veces, penetrando aproximadamente 1 pulgada (2.5 cm) en la capa inferior. Golpea nuevamente con el martillo de goma.
- Tercera Capa: Llena el molde hasta que desborde un poco. Repite las 25 varilladas (penetrando 1 pulgada en la anterior) y golpea con el martillo de goma.

Paso 3: Acabado (Enrasado)

Elimina el exceso de concreto con la varilla o el badilejo. La superficie debe quedar perfectamente plana y nivelada con el borde del molde para permitir un buen refrentado (capping) posterior.

Identificación y Curado Inicial

Identificación: Etiqueta cada probeta indicando la fecha, el diseño (TMN 3/4", 1" o 1 1/2") y la resistencia esperada.

Protección: Cubre las probetas con una placa de vidrio o plástico para evitar la evaporación del agua.

Figura 14

Llenado de probetas con concreto



3.6.5. Ensayo a la resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión es la etapa final y más importante de tu investigación. Aquí es donde verificarás si el diseño para la cantera Unocolla alcanza los 210 kg/cm2 y cómo influye el tamaño de la piedra en ese resultado.

El ensayo se desarrolla bajo los lineamientos establecidos en la norma NTP 339.034, equivalente a la norma internacional ASTM C39, siguiendo las etapas que se describen a continuación:

- En primer lugar, las probetas son extraídas de la poza de curado según la edad de ensayo requerida (7, 14 o 28 días), dejándolas reposar el tiempo necesario hasta que el agua superficial e interna se evapore de manera adecuada.

- A continuación, se registran las dimensiones geométricas de cada probeta diámetros superior e inferior y altura empleando un vernier para garantizar la precisión de las mediciones; asimismo, se determina el peso individual de cada espécimen.

- Posteriormente, se colocan las capas de neopreno no adheridas (con un espesor de 13 ± 2 mm) sobre los extremos de la probeta a ensayar, la cual es ubicada sobre el cabezal de la prensa hidráulica, verificando que quede debidamente centrada antes de iniciar la prueba.

- Finalmente, se aplica una carga axial de compresión de forma continua y a velocidad constante de 0.25 MPa/s, manteniéndola desde el inicio del ensayo hasta alcanzar la rotura de la probeta.

Figura 15

Rotura de briquetas



3.7. Método de análisis de datos

La obtención de resultados se fundamentó en la ejecución de ensayos de laboratorio bajo procedimientos normalizados. Los valores numéricos registrados durante cada prueba se organizaron y analizaron mediante el empleo de Microsoft Excel, herramienta que facilitó la construcción de tablas de datos, cuadros sinópticos y gráficos estadísticos, elementos esenciales para la evaluación objetiva del comportamiento de las variables de estudio.

3.8. Aspectos éticos

La fundamentación teórica y el marco conceptual de la presente investigación se construyeron a partir de la consulta exhaustiva de fuentes documentales de reconocida validez académica y técnica, incluyendo artículos científicos indexados en bases de datos especializadas, trabajos de investigación desarrollados en instituciones universitarias de prestigio nacional e internacional, bibliografía técnica especializada y normativas oficiales tanto peruanas (NTP) como estadounidenses (ASTM, ACI).

La fase experimental se ejecutó siguiendo rigurosamente los procedimientos estandarizados establecidos en las normas técnicas peruanas (NTP) y americanas (ASTM, ACI) aplicables a cada ensayo realizado. Los datos obtenidos durante las pruebas de laboratorio reflejan fielmente los resultados experimentales registrados, garantizando la veracidad, confiabilidad y reproducibilidad de la información presentada.

El desarrollo del documento respeta íntegramente los principios de integridad académica. Toda información proveniente de fuentes externas ha sido

debidamente parafraseada, interpretada en el contexto específico del estudio y referenciada mediante el sistema de citación correspondiente, reconociendo explícitamente la autoría intelectual de las ideas y datos utilizados como sustento de la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. presentación de resultados

"Se caracterizaron físicamente los agregados de la cantera Unocolla (San Román), seleccionando tamaños máximos nominales de ¾", 1" y 1 ½".".

4.1.1. Propiedades físicas

Tabla 10

Resultados de las propiedades físicas de la cantera Unocolla

Propiedades	Agregado 1 1/2	Agregado 1	Agregado 3/4	Agregado fino
Perfil	Redondo	Redondo	Redondo	-
Peso especifico	2.47gr/cm3	2.49gr/cm3	2.51gr/cm3	2.55gr/cm3
Absorción	3.30%	3.39%	3.39%	4.20%
Peso unitario suelto	1.470gr/cm3	1.488gr/cm3	1.508gr/cm3	1.564gr/cm3
Peso unitario compactado	1.612gr/cm3	1.634gr/cm3	1.654gr/cm3	1.668gr/cm3
Módulo de finura	-	-	-	3.29
Contenido de humedad	4.41%	4.41%	4.41%	8.10%
Tamaño máximo nominal	1 1/2	1	3/4	-

Los agregados de la cantera Unocolla presentan perfil redondeado en las tres fracciones gruesas (1 1/2", 1" y 3/4"), lo que indica un origen fluvial. Esta forma favorece la trabajabilidad del concreto, aunque reduce ligeramente la resistencia mecánica por menor trabazón entre partículas comparado con agregados angulares.

El peso específico varía entre 2.47 y 2.55 g/cm³, con una tendencia creciente conforme disminuye el tamaño de partícula. Esto es normal y se explica porque las partículas más pequeñas tienen proporcionalmente menos poros y microfisuras. Todos los valores se encuentran dentro del rango aceptable para agregados de buena calidad (2.4 – 2.8 g/cm³ según ASTM).

La absorción de los agregados gruesos oscila entre 3.30% y 3.39%, mientras que el agregado fino alcanza 4.20%. Estos valores son moderadamente altos respecto al límite recomendado de 2.5%, lo que indica cierta porosidad interna en el material. En consecuencia, es obligatorio corregir el agua de diseño en la mezcla para no afectar la relación agua/cemento real.

El peso unitario, tanto suelto como compactado, aumenta conforme disminuye el tamaño del agregado. La diferencia entre ambos estados es aproximadamente 10% en los gruesos y 6.6% en el fino, lo que refleja una buena capacidad de acomodamiento de las partículas y es favorable para optimizar el volumen de agregado en la mezcla.

El módulo de finura del agregado fino es 3.29, valor ligeramente superior al rango recomendado por ASTM C33 (2.3 – 3.1), lo que indica una arena algo gruesa. Esto puede requerir una mayor cantidad de pasta cementante para alcanzar la trabajabilidad deseada.

Respecto al contenido de humedad, los agregados gruesos registran 4.41%, valor prácticamente igual a su absorción, lo que significa que se encuentran en condición Saturada Superficialmente Seca (SSS), ideal para el diseño de mezclas. En cambio, el agregado fino presenta 8.10% de humedad, superando su absorción en 3.9%, por lo que aporta humedad libre a la mezcla y este exceso debe descontarse del agua de diseño para no alterar la relación a/c.

Los agregados de la cantera Unocolla son físicamente aptos para la producción de concreto, pero el diseño de mezcla debe contemplar obligatoriamente las correcciones por absorción elevada y por la humedad libre del agregado fino.

4.1.2. Propiedades mecánicas

Tabla 11

Resultados de las propiedades mecánicas de la cantera Unocolla

Propiedades resistentes	(TMN)1 1/2”	(TMN)1”	(TMN)3/4”
Perfil	Redondo	Redondo	Redondo
Clase de división de la arena	Natural	Natural	Natural
Capacidad de soportar el desgaste	72.85%	72.85%	72.85%
Perdida (%)	27.15%	27.15%	27.15%

Las tres fracciones del agregado grueso de la cantera Unocolla (TMN 1 1/2", 1" y 3/4") presentan perfil redondeado y clasificación natural, confirmando su origen fluvial. Esta característica es consistente con lo observado en las propiedades físicas de la Tabla 10, y sugiere que el material proviene de un lecho de río o depósito aluvial sin proceso de trituración.

La capacidad de soportar el desgaste es de 72.85% para las tres fracciones, lo que equivale a una pérdida por abrasión de 27.15% en el ensayo de Los Ángeles (ASTM C131). Este resultado indica que el agregado pierde algo más de la cuarta parte de su masa bajo condiciones de impacto y fricción controladas. El límite máximo permitido por la norma ASTM C33 para agregados usados en concreto estructural es 50%, por lo que el valor obtenido de 27.15% se encuentra dentro del rango aceptable, aunque es importante tenerlo en cuenta para obras que demanden alta resistencia al desgaste.

4.1.3. Diseño de mezclas

Tabla 12

Dosificación de concreto según el tamaño máximo nominal del agregado (1½")

Agregado	Dosificación en seco (kg/m3)	Proporción en volumen peso seco	Dosificación en húmedo (kg/m3)	Proporción en volumen húmedo
Cemento	323	1	323	1
A. Fino	645	2	697	2.16
A. Grueso	1082	3.35	1129	3.50
Agua	181	0.56	144	0.45

La Tabla 12 presenta la dosificación de una mezcla de concreto con agregado de Tamaño Máximo Nominal de 1½", expresada en condición seca y húmeda. En estado seco, la proporción en volumen es 1 : 2.0 : 3.35 : 0.56 (cemento : arena fina : agregado grueso : agua), con un contenido de cemento de 323 kg/m³. Al corregir por humedad de los agregados, las masas de arena fina y agregado grueso aumentan a 697 y 1129 kg/m³ respectivamente, mientras que el agua efectiva se reduce a 144 kg/m³, resultando en una proporción

húmeda de 1 : 2.16 : 3.50 : 0.45; este ajuste garantiza que la relación agua-cemento de diseño se mantenga constante y que la resistencia prevista del concreto no se vea comprometida

Tabla 13

Dosificación de concreto según el tamaño máximo nominal del agregado (1")

Agregado	Dosificación en seco (kg/m3)	Proporción en volumen peso seco	Dosificación en húmedo (kg/m3)	Proporción en volumen húmedo
Cemento	345	1	345	1
A. Fino	661	1.92	714	2.1
A. Grueso	1015	2.94	1060	3.1
Agua	193	0.56	157	0.46

La Tabla 13 presenta la dosificación de una mezcla de concreto con agregado de Tamaño Máximo Nominal de 1", expresada en condición seca y húmeda. En estado seco, la proporción en volumen es 1 : 1.92 : 2.94 : 0.56 (cemento : arena fina : agregado grueso : agua), con un contenido de cemento de 345 kg/m³. Al corregir por humedad de los agregados, las masas de arena fina y agregado grueso se incrementan a 714 y 1060 kg/m³ respectivamente, en tanto que el agua efectiva se reduce a 157 kg/m³, resultando en una proporción húmeda de 1 : 2.10 : 3.10 : 0.46; este ajuste asegura que la relación agua-cemento de diseño se conserve invariable, garantizando así la resistencia mecánica prevista del concreto en condiciones reales de obra. Cabe destacar que, en comparación con el diseño de TMN 1½", el uso de un agregado de menor tamaño nominal requiere un mayor contenido de cemento (345 kg/m³ frente a 323 kg/m³), lo cual es coherente con el principio de que agregados más

pequeños incrementan la superficie específica y, por ende, la demanda de pasta cementante.

Tabla 14

Dosificación de concreto según el tamaño máximo nominal del agregado (3/4")

Agregado	Dosificación en seco (kg/m3)	Proporción en volumen peso seco	Dosificación en húmedo (kg/m3)	Proporción en volumen húmedo
Cemento	366	1	366	1
A. Fino	678	1.9	733	2
A. Grueso	944	2.6	986	2.7
Agua	205	0.56	169	0.46

La Tabla 14 presenta la dosificación de una mezcla de concreto con agregado de Tamaño Máximo Nominal de ¾", expresada en condición seca y húmeda. En estado seco, la proporción en volumen es 1 : 1.90 : 2.60 : 0.56 (cemento : arena fina : agregado grueso : agua), con un contenido de cemento de 366 kg/m³. Al corregir por humedad de los agregados, las masas de arena fina y agregado grueso se incrementan a 733 y 986 kg/m³ respectivamente, mientras que el agua efectiva se reduce a 169 kg/m³, resultando en una proporción húmeda de 1 : 2.00 : 2.70 : 0.46; este ajuste garantiza que la relación agua-cemento de diseño permanezca constante, preservando la resistencia mecánica del concreto en obra. Comparando los tres diseños, se confirma la tendencia esperada: a menor tamaño máximo nominal del agregado, mayor es el consumo de cemento requerido (323, 345 y 366 kg/m³ para TMN de 1½", 1" y ¾" respectivamente), debido al incremento progresivo de la superficie específica

de los agregados, lo que demanda mayor cantidad de pasta cementante para envolver y ligar adecuadamente las partículas.

4.1.4. Verificación de la trabajabilidad del concreto por el método del cono de abrams

Tabla 15

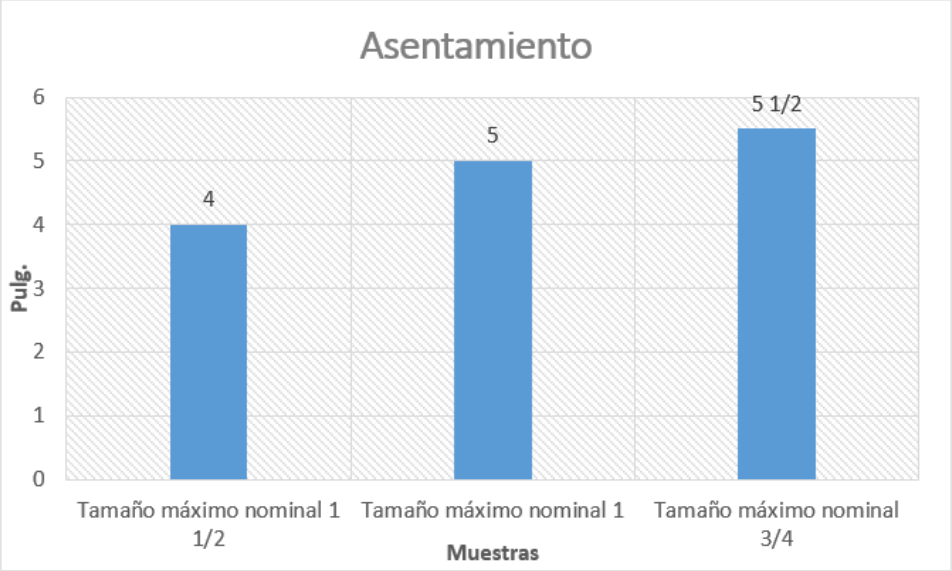
resultados obtenidos de la trabajabilidad del concreto

Muestra		Asentamiento	Consistencia
Tamaño máximo nominal	1 1/2	4''	Trabajable
Tamaño máximo nominal	1	5''	Trabajable
Tamaño máximo nominal	3/4	5 1/2''	Muy trabajable

La Tabla 15 presenta los resultados del ensayo de asentamiento (Slump Test) obtenidos para tres mezclas de concreto elaboradas con diferentes Tamaños Máximos Nominales de agregado. Se observa que la mezcla con TMN de 1½" registró un asentamiento de 4", clasificándose como trabajable; la mezcla con TMN de 1" alcanzó un asentamiento de 5", manteniéndose igualmente en la categoría de trabajable; mientras que la mezcla con TMN de ¾" presentó el mayor asentamiento con 5½", clasificándose como muy trabajable. Estos resultados evidencian una tendencia inversamente proporcional entre el tamaño máximo nominal del agregado y el asentamiento obtenido: a menor tamaño de agregado, mayor es la fluidez de la mezcla, lo cual se explica por el incremento en el contenido de cemento y la mayor superficie específica de las partículas, que en conjunto favorecen una pasta más lubricante y una consistencia más fluida, sin comprometer necesariamente la resistencia del concreto diseñado.

Figura 16

Variación del asentamiento



La Figura 16 muestra que a medida que disminuye el tamaño máximo nominal del agregado, el asentamiento de la mezcla de concreto se incrementa progresivamente, pasando de 4" para TMN 1½", a 5" para TMN 1" y alcanzando 5½" para TMN ¾", lo que confirma que las mezclas con agregados de menor tamaño presentan mayor trabajabilidad debido al incremento en el contenido de cemento y la mayor demanda de agua en la mezcla.

4.1.5. Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto f'c = 210 kg/cm² con variación del tamaño máximo nominal del agregado

Este apartado consiste en el análisis experimental del comportamiento mecánico del concreto diseñado para una resistencia especificada de 210 kg/cm^2, evaluando cómo influye la variación geométrica del agregado grueso mediante tres tamaños máximos nominales (¾", 1" y 1 1/2"). La evaluación se fundamenta en que el tamaño máximo nominal (TMN) altera directamente la

superficie específica del agregado, la demanda de agua de mezcla y la adherencia en la zona de transición interfacial de la pasta de cemento. Mediante ensayos de rotura de sondas cilíndricas a los 7, 14 y 28 días (según la norma ASTM C39 / NTP 339.034), se determinará cuál de los tamaños seleccionados optimizará la compresión, reducirá la porosidad interna y generará el empaquetamiento granular más eficiente para este nivel de resistencia estructural.

4.1.5.1. Resultados promedios obtenidos a compresión del concreto 7, 14 y 28 días

A. Resistencia promedio del concreto con tamaño máximo nominal (1 ½)

Tabla 16

Evaluación del comportamiento a compresión del concreto: variaciones obtenidas frente tamaño máximo nominal (1 ½)

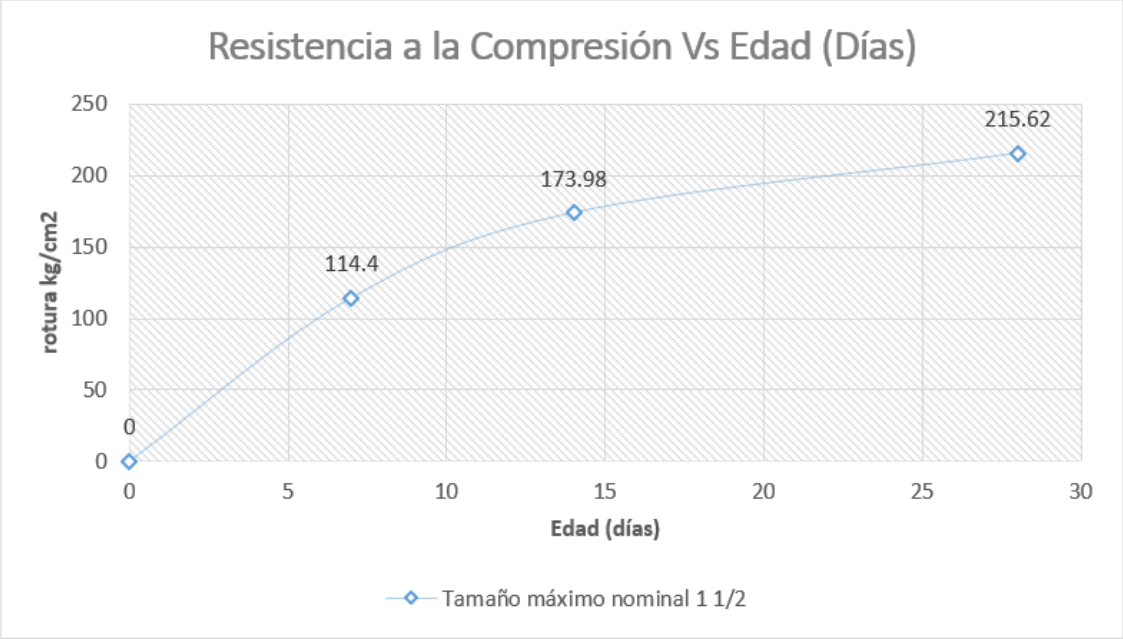
Descripción	Edad (días)	Esfuerzo promedio de rotura kg/cm2	% Promedio de resistencia
Testigo de prueba	7	114.40	54.48%
Testigo de prueba	14	173.98	82.85%
Testigo de prueba	28	215.62	102.68%

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado para un hormigón con un tamaño nominal máximo de árido de 1½". Estos se recogen en la Tabla 16. Inicialmente, la tensión era de 114,40 kg/cm² tras 7 días, lo que supone el 54,48 % de la resistencia de diseño. Tras 14 días, aumentó hasta 173,98 kg/cm², alcanzando

el 82,85 %. Finalmente, tras 28 días, la tensión alcanzó los 215,62 kg/cm², lo que supone un 102,68 % más que la resistencia de diseño f'c = 210 kg/cm². Estos resultados demuestran que la mezcla con TMN de 1½", tal y como se había previsto, alcanza la resistencia deseada, mostrando un aumento constante de la resistencia mecánica a medida que se cura. Este comportamiento concuerda con la forma en que el cemento Portland se hidrata gradualmente y con los valores de ganancia de resistencia establecidos por las normas técnicas vigentes.

Figura 17

Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón en función del tiempo de curado frente tamaño máximo nominal (1 ½)



La Figura 17 ilustra la evolución de la resistencia a compresión del concreto con TMN de 1½" en función del tiempo de curado. La curva muestra un desarrollo ascendente y progresivo, iniciando desde cero hasta alcanzar 114.40 kg/cm² a los 7 días, 173.98 kg/cm² a los 14 días y 215.62 kg/cm² a los 28 días, superando la resistencia de diseño f'c = 210 kg/cm², lo que confirma el adecuado

comportamiento mecánico de la mezcla a lo largo del proceso de endurecimiento.

B. Resistencia promedio del concreto con tamaño máximo nominal (1")

Tabla 17

Evaluación del comportamiento a compresión del concreto: variaciones obtenidas frente tamaño máximo nominal (1")

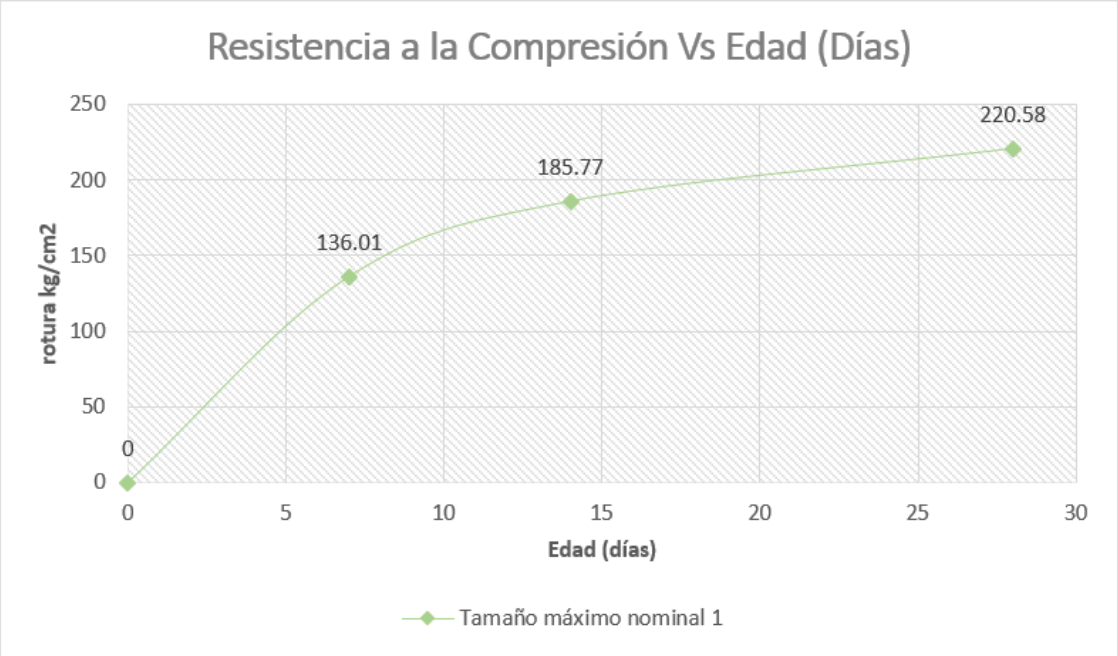
Descripción	Edad (días)	Esfuerzo promedio de rotura kg/cm2	% Promedio de resistencia
Testigo de prueba	7	136.01	64.77%
Testigo de prueba	14	185.77	88.46%
Testigo de prueba	28	220.58	105.04%

En la tabla 17 se muestran los resultados de un ensayo de compresión realizado sobre hormigón con un tamaño nominal máximo de áridos de 1" a los 7, 14 y 28 días tras el curado. La tensión máxima media a los 7 días fue de 136,01 kg/cm², lo que supone el 64,77 % de la resistencia de diseño; a los 14 días, aumentó hasta 185,77 kg/cm², lo que supone un 88,46 %; y a los 28 días, alcanzó los 220,58 kg/cm², un 105,04 % más que la resistencia de diseño f'c = 210 kg/cm². En consonancia con el mayor contenido de cemento de este diseño de mezcla, la mezcla con TMN 1 desarrolla una mayor resistencia en todas las edades de evaluación en comparación con el diseño con TMN 1½. Esto confirma que la reducción del tamaño nominal máximo del árido contribuye positivamente al desarrollo de la resistencia mecánica del hormigón, como lo demuestran los

valores de 136,01 frente a 114,40 kg/cm² a los 7 días y de 220,58 frente a 215,62 kg/cm² a los 28 días.

Figura 18

Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón en función del tiempo de curado frente tamaño máximo nominal (1")



La figura 18 muestra cómo varía con el tiempo la resistencia a la compresión del hormigón TMN de 1" a medida que se cura. Inicialmente en cero, la curva asciende de forma constante hasta alcanzar los 136,01 kg/cm² al cabo de 7 días, los 185,77 kg/cm² al cabo de 14 días y los 220,58 kg/cm² al cabo de 28 días, superando la resistencia de diseño f'c = 210 kg/cm². Esto demuestra que la resistencia mecánica se ha desarrollado adecuadamente y que la mezcla con TMN de 1½" ofrece un mejor comportamiento que la otra mezcla a lo largo de todo el proceso de endurecimiento.

C. Resistencia promedio del concreto con tamaño máximo nominal (3/4")

Tabla 18

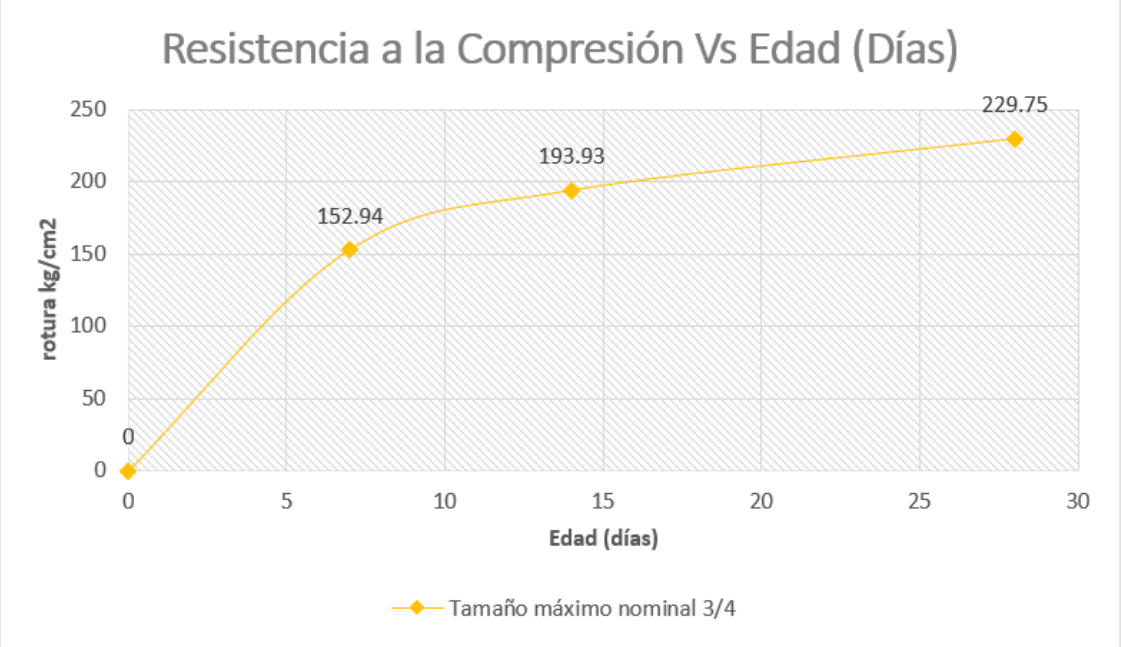
Evaluación del comportamiento a compresión del concreto: variaciones obtenidas frente tamaño máximo nominal (3/4")

Descripción	Edad (días)	Esfuerzo promedio de rotura kg/cm2	% Promedio de resistencia
Testigo de prueba	7	152.94	72.83
Testigo de prueba	14	193.93	92.35%
Testigo de prueba	28	229.75	109.41%

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado del hormigón, fabricado con un tamaño nominal máximo de áridos de ¾", tal y como se muestra en la Tabla 18. Los resultados indicaron que la tensión máxima media a los 7 días fue de 152,94 kg/cm², lo que supuso el 72,83 % de la resistencia de diseño. A los 14 días, la tensión había aumentado hasta los 193,93 kg/cm², alcanzando el 92,35 %. A los 28 días, la tensión había alcanzado los 229,75 kg/cm², lo que supone un 109,41 % más que la resistencia de diseño f'c = 210 kg/cm². Los resultados muestran que la mezcla con TMN de ¾ presenta el mejor comportamiento mecánico en todas las edades de ensayo (152,94; 193,93 y 229,75 kg/cm²), superando los resultados de los diseños con TMN de 1» y 1½". Esto se debe a que el diseño de la mezcla con TMN de ¾" utiliza un mayor contenido de cemento (366 kg/m³) y el árido tiene una mayor superficie específica, lo que mejora la adhesión entre la pasta de cemento y las partículas, haciendo que la matriz del hormigón sea más densa y resistente.

Figura 19

Evolución de la resistencia a compresión del concreto patrón en función del tiempo de curado frente tamaño máximo nominal (3/4")



La Figura 19 ilustra la evolución de la resistencia a compresión del concreto con TMN de ¾" en función del tiempo de curado. La curva muestra un crecimiento ascendente y pronunciado, partiendo desde cero hasta alcanzar 152.94 kg/cm² a los 7 días, 193.93 kg/cm² a los 14 días y 229.75 kg/cm² a los 28 días, superando considerablemente la resistencia de diseño f'c = 210 kg/cm² con el mayor porcentaje de cumplimiento entre los tres diseños evaluados (109.41%), lo que ratifica que la mezcla con TMN de ¾" presenta el desarrollo de resistencia más favorable, evidenciando una ganancia de resistencia temprana más acelerada y un desempeño mecánico superior a lo largo de todo el proceso de endurecimiento en comparación con las mezclas de TMN 1" y 1½".

D. Resumen de resistencias promedio obtenidas de los tamaños máximos nominales (¾", 1" y 1 1/2")

Tabla 19

Evaluación del comportamiento a compresión del concreto: variaciones obtenidas frente tamaño máximo nominal

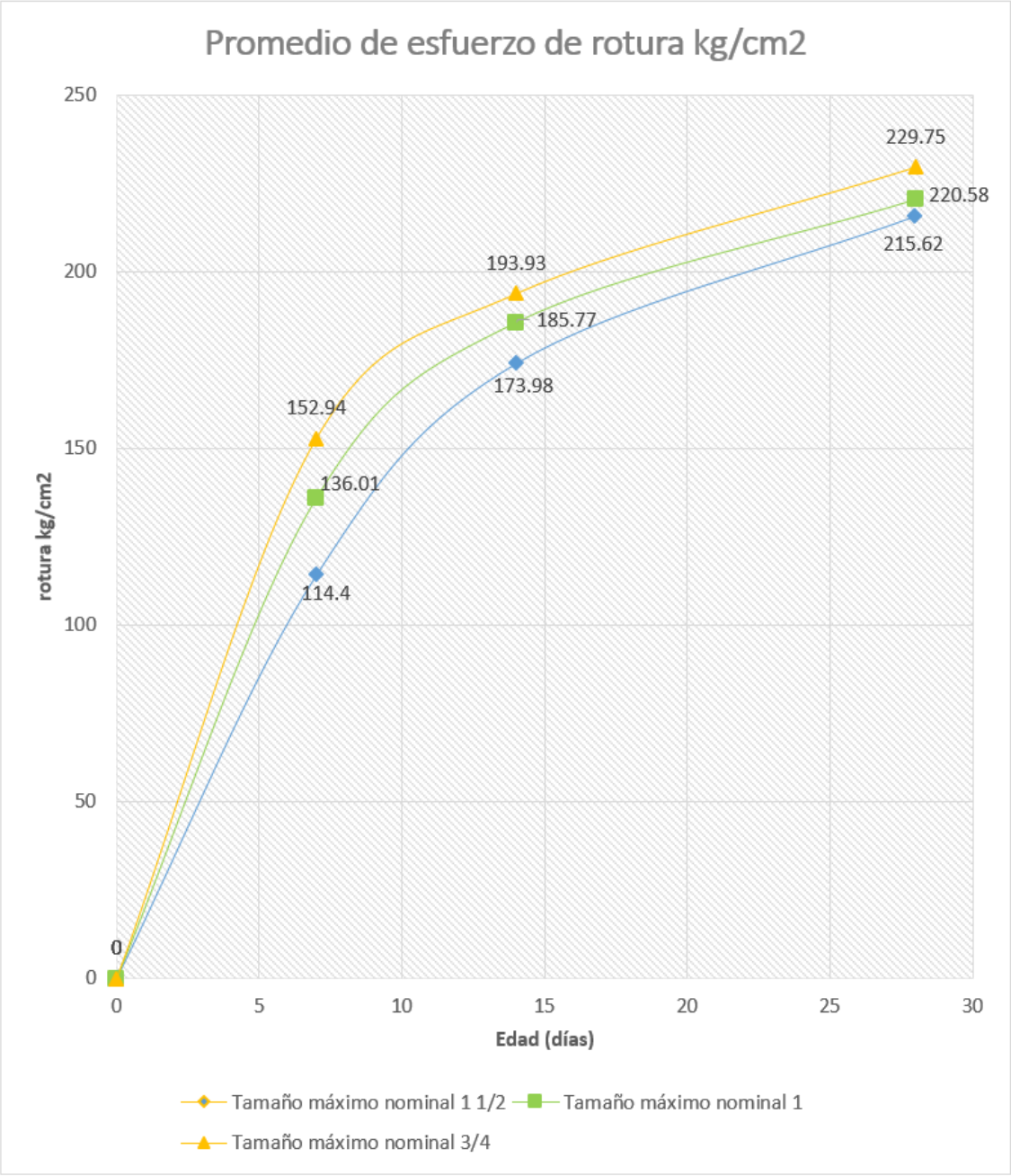
Descripción	Promedio de esfuerzo de rotura kg/cm2		
	7(días)	14(días)	28(días)
Tamaño máximo nominal 1 1/2	114.40	173.98	215.62
Tamaño máximo nominal 1	136.01	185.77	220.58
Tamaño máximo nominal 3/4	152.94	193.93	229.75

A los 7, 14 y 28 días tras el curado, la Tabla 19 muestra una comparación consolidada de la evolución de la resistencia a la compresión de las tres mezclas de hormigón en función de su tamaño nominal máximo de árido. En todas las edades, la mezcla con un tamaño nominal máximo de árido (NMA) de ¾ presenta sistemáticamente los valores más altos (152,94; 193,93 y 229,75 kg/cm²), seguida de la mezcla con un NMA de 1» (136,01, 185,77 y 220,58 kg/cm²), y, por último, la mezcla con un tamaño máximo nominal de árido de 1½" (114,40, 173,98 y 215,62 kg/cm²). Las tres combinaciones superan la resistencia de diseño f'c = 210 kg/cm² a los 28 días. Sin embargo, la diferencia más notable se produce en las primeras edades, cuando la mezcla con TMN de ¾ es 38,54 kg/cm² más resistente que la mezcla con TMN de 1½» a los 7 días. Esta diferencia se reduce gradualmente hasta los 14,13 kg/cm² a los 28 días. Esta tendencia, que se atribuye al mayor contenido de cemento y al mejor contacto interfacial entre la pasta de cemento y las partículas de árido más pequeñas, se

ve respaldada por estos datos, que muestran que la resistencia mecánica es mayor en todas las etapas de curado cuando se reduce el tamaño nominal máximo del árido.

Figura 20

Evaluación del comportamiento a compresión del concreto



La Figura 20 presenta de manera comparativa la evolución de la resistencia a compresión de las tres mezclas de concreto en función del tiempo de curado, permitiendo visualizar simultáneamente el comportamiento mecánico de los diseños con TMN de 1½", 1" y ¾". Las tres curvas exhiben un patrón de crecimiento similar, caracterizado por una ganancia de resistencia acelerada en las primeras etapas del curado que se va desacelerando progresivamente conforme se aproxima a los 28 días, comportamiento típico de la hidratación del cemento Portland.

En términos de jerarquía, la curva correspondiente al TMN de ¾" se posiciona consistentemente por encima de las demás en todas las edades evaluadas, seguida por la de TMN 1" y finalmente la de TMN 1½", confirmando que a menor tamaño de agregado mayor es la resistencia desarrollada. Esta separación entre curvas es más pronunciada a los 7 días, donde la diferencia entre TMN ¾" y TMN 1½" es de 38.54 kg/cm², reduciéndose a 19.95 kg/cm² a los 14 días y a 14.13 kg/cm² a los 28 días, lo que indica una tendencia de convergencia entre las curvas conforme avanza el proceso de hidratación.

Finalmente, las tres mezclas superan la resistencia de diseño f'c = 210 kg/cm² a los 28 días, alcanzando 215.62, 220.58 y 229.75 kg/cm² para TMN 1½", 1" y ¾" respectivamente, lo que valida la correcta dosificación de los tres diseños y demuestra que la variación del tamaño máximo nominal del agregado influye directamente en la magnitud y velocidad de desarrollo de la resistencia mecánica del concreto.

4.2. Discusión de resultados

Tabla 20

Presente investigación vs. antecedentes de mayor similitud metodológica

Parámetro	TMN 1½" Huanca (2026)	TMN 1" Huanca (2026)	TMN ¾" Huanca (2026)	TMN ½" Atoche et al. (2023)	TMN ¾" Taico (2020)
Datos generales					
País / región	Perú – Puno (San Miguel)			Perú – región norte	Perú
Resistencia diseño	210 kg/cm²			210 kg/cm²	210 kg/cm²
Método diseño	ACI 211			ACI 211	ACI / Walker / MF
TMN evaluado	1½"	1"	¾"	½"	¾"
Resistencia a la compresión (kg/cm²)					
7 días	114.40 54.48%	136.01 64.77%	152.94 72.83%	149.96 71.41%	—
14 días	173.98 82.85%	185.77 88.46%	193.93 92.35%	176.84 84.21%	—
28 días	**215.62** 102.68%	**220.58** 105.04%	**229.75** 109.41%	**237.25** 112.98%	**339.90** *método Walker
Tendencia observada					
Relación TMN–resistencia	Inversa: menor TMN → mayor resistencia			Confirma: TMN ½" supera a TMN ¾" y 1"	Confirma: menor TMN → mayor resistencia
Cumple f'c 210	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí	✓ Sí
Convergencia con presente inv.	—			**Alta** mismo f'c, método y tendencia	**Media** distinto método de diseño

En este estudio, hemos observado que las variaciones en el tamaño máximo nominal (NMS) del árido grueso afectan significativamente a la trabajabilidad y a la resistencia a la compresión del hormigón con f'c = 210 kg/cm². Este hallazgo concuerda con lo que observaron Atoche Paredes et al. (2023) al analizar las mismas propiedades en hormigones con la misma resistencia de diseño; por lo tanto, su estudio es el más comparable al nuestro en cuanto a metodología.

En cuanto a la trabajabilidad, los resultados demuestran que el asentamiento aumenta cuando se reduce el tamaño nominal máximo del árido. Para tamaños nominales máximos de 1½, 1 y ¾, respectivamente, el asentamiento registrado fue de 4, 5 y 5½, todos ellos clasificados como trabajables o extremadamente trabajables. Atoche Paredes et al. (2023) también descubrieron que los hormigones fabricados con áridos de tamaño nominal máximo menor presentaban mayor fluidez y facilidad de colocación, por lo que este comportamiento es totalmente compatible con sus resultados. Razonaron que este cambio se debía a que las mezclas con mayor consistencia necesitaban más pasta de cemento para el recubrimiento y que las partículas más pequeñas tenían una mayor superficie específica, lo que contribuía al aumento del contenido de cemento.

Los resultados para los tamaños de TMN de 1½, 1 y ¾" superaron la resistencia de diseño f'c = 210 kg/cm² en los tres casos, con valores de 215,62, 220,58 y 229,75 kg/cm² alcanzados a los 28 días, respectivamente. Los resultados de Atoche Paredes et al. (2023) corroboran esta relación inversamente proporcional entre el tamaño del TMN y la resistencia alcanzada.

Las probetas fabricadas con árido TMN de ½" alcanzaron los valores de resistencia más altos (237,25 kg/cm² a los 28 días), lo que indica que la reducción del tamaño del árido favorece el desarrollo de la resistencia mecánica. Del mismo modo, Taico Lezama (2020) confirmó este patrón al demostrar que el TMN y la resistencia a la compresión son inversamente proporcionales; las mezclas con áridos más pequeños presentaban los mayores valores de resistencia, pero su producción resultaba más costosa, ya que requerían una mayor cantidad de cemento.

En términos de ganancia de resistencia a edades tempranas, la presente investigación revela que la mezcla con TMN ¾" alcanzó el 72.83% de la resistencia de diseño a los 7 días, frente al 54.48% obtenido por la mezcla con TMN 1½", diferencia que se reduce progresivamente hasta los 28 días. Este comportamiento es coherente con el principio de que los agregados de menor tamaño, al requerir mayor contenido de cemento y generar una zona de transición interfacial más desarrollada, favorecen tanto la velocidad como la magnitud del desarrollo de resistencia a lo largo del proceso de curado, resultado que refuerza las conclusiones de Peralta García (2019), quien también identificó una relación entre el tamaño del agregado y la capacidad resistente del concreto en función de la geometría espécimen-agregado.

En conclusión, los resultados de este estudio corroboran los que figuran en la literatura técnica especializada: aumentar la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del hormigón reduciendo el tamaño nominal máximo del árido grueso incrementa el consumo de cemento y, a su vez, el coste de producción de la mezcla.

CONCLUSIONES

Primera: Se demuestra que la granulometría del agregado grueso influye de manera determinante en el concreto. Existe una relación inversa entre el Tamaño Máximo Nominal (TMN) y la resistencia a los 28 días: el menor tamaño (3/4") optimizó la zona de transición interfacial y redujo los esfuerzos internos, alcanzando la mayor resistencia con 229.75kg/cm2, mientras que las granulometrías mayores modificaron la demanda de agua y la consistencia en estado fresco.

Segunda: Los ensayos de laboratorio confirmaron que las propiedades físicas y mecánicas del agregado de la cantera Unocolla son técnicamente óptimas. El material cumple rigurosamente con los límites granulométricos y estándares de calidad exigidos por las normas NTP y ASTM para la producción de concret**o estructural.**

Tercera: El TMN alteró directamente la dosificación de las mezclas: el tamaño de 1 1/2" requirió menos cemento por su menor área superficial, mientras que el diseño de 3/4" demandó la mayor cantidad de pasta debido a su alta superficie específica, fijando una relación agua/cemento de 0.56 y un contenido de cemento de 366kg/m3. Se calcula que, a menor tamaño de agregado grueso, mayor es el asentamiento y la fluidez de la mezcla. El concreto con TMN de 1 1/2" registró un slump de 4" (trabajable), el de 1" obtuvo 5", y el de 3/4" alcanzo 51/2" (muy trabajable), debido al efecto lubricante del mortero excedente sobre las partículas.

Cuarta: A los 28 días de curado, todas las mezclas superaron el f'c = 210kg/cm2 Diseñado, confirmando que la resistencia aumenta a menor tamaño de agregado grueso:

- TMN 3/4": Logró el mayor desempeño con 229.75kg/cm2 (109.40%).
- TMN 1": Registró un valor intermedio de 220.58kg/cm2 (105.04%).
- TMN 1 1/2": Obtuvo la menor capacidad con 215.62kg/cm2 (102.68%).

La mayor brecha de resistencia se controlará a los 7 días de edad, atenuándose progresivamente hacia el final del proceso de maduración.

RECOMENDACIONES

Primera: Se recomienda a los futuros investigadores complementar este estudio evaluando otras propiedades mecánicas del concreto, tales como la resistencia a la tracción por compresión diametral (ensayo brasileño), el módulo de ruptura por flexión en vigas y el módulo de elasticidad estática, para tener un panorama estructural completo de los agregados de la zona.

Segunda: Dado el clima extremo y la presencia de agentes químicos en la región Altiplánica, se sugiere realizar ensayos de durabilidad en las mezclas optimizadas, enfocándose principalmente en la permeabilidad al agua, la resistencia a los ciclos de congelación y deshielo, y la exposición al ataque de sulfatos presentes en los suelos locales.

Tercera: Se aconseja investigar el comportamiento de estos agregados incorporando aditivos de última generación (como superplastificantes o incorporadores de aire) o adiciones minerales (como cenizas o puzolanas), orientando la investigación hacia el desarrollo de concretos de alta resistencia o eco-eficientes en el distrito de San Miguel.

Cuarta: Se exhorta a los tesistas a mantener un control estricto y frecuente en la caracterización física de la cantera en estudio (humedad, absorción y granulometría), ya que las propiedades del material natural pueden variar según la zona y el frente de explotación, afectando la relación agua/cemento de los diseños proyectados.

BIBLIOGRAFÍA

Absalón, & Salas, (2008). Diseño de mezclas y ensayos de concreto.

Álvarez Risco, A. (2020). Investigación aplicada en ingeniería. [Editorial].

American Concrete Institute. (1996). Guide for concrete placement and consolidation (ACI 309R). ACI.

American Concrete Institute. (2010). Report on pervious concrete (ACI 522R-10). ACI.

American Concrete Institute. (2014). Building code requirements for structural concrete (ACI 318-14). ACI.

American Concrete Institute. (2021). Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete (ACI 211.1-91). ACI.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard specification for Portland cement (ASTM C150/C150M-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard specification for blended hydraulic cements (ASTM C595/C595M-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard specification for concrete aggregates (ASTM C33/C33M-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard test method for density, relative density, and absorption of coarse aggregate (ASTM C127-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard test method for density, relative density, and absorption of fine aggregate (ASTM C128-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard test method for bulk density ("unit weight") and voids in aggregate (ASTM C29/C29M-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard test method for moisture content of aggregate (ASTM C566-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates (ASTM C136/C136M-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard practice for making and curing concrete test specimens in the field (ASTM C31/C31M-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens (ASTM C39/C39M-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete (ASTM C143/C143M-23). ASTM International.

American Society for Testing and Materials. (2023). Standard specification for chemical admixtures for concrete (ASTM C494/C494M-23). ASTM International.

Atoche Paredes, (2023). Influencia del tamaño máximo nominal del agregado grueso sobre la resistencia y trabajabilidad del concreto f'c=210 kg/cm² [Tesis de pregrado, Nombre de la Universidad].

Chinchaycoma, [Iniciales]. (2018). Evaluación de las propiedades del concreto con agregados del río San Gabán [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].

Cruz Medina, (2020). Estudio comparativo del desempeño mecánico de concretos con agregado zarandeado, chancado y mixto [Tesis de pregrado, Nombre de la Universidad].

Estrada, (2014). Resistencia mecánica del concreto.

Flores, [Iniciales]. (2020). Módulo de elasticidad estático del hormigón estructural en función de su resistencia a compresión [Tesis de pregrado, Universidad Regional Amazónica IKIAM].

Gutiérrez, (2003). Trabajabilidad del concreto.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación (5.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Iberico Collazos, (2019). Influencia del origen geológico del agregado grueso en las propiedades del concreto [Tesis de pregrado, Nombre de la Universidad].

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2014). Norma Técnica Peruana NTP 334.009: Cementos Portland convencionales. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2014). Norma Técnica Peruana NTP 334.090: Cementos Portland adicionados. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 400.021: Agregado grueso - Peso específico y absorción. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 400.022: Agregado fino - Peso específico y absorción. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 400.017: Peso unitario de agregados. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 339.185: Contenido de humedad en agregados. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 339.088: Agua de mezcla para concreto. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 334.088: Aditivos químicos para concreto. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 339.035: Ensayo de asentamiento del concreto. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 339.033: Elaboración de probetas de concreto. INDECOPI.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 339.034: Ensayo de resistencia a compresión. INDECOPI.

Konstructecnia. (2023, mayo 15). Tipos de aditivos para concreto. https://www.konstructecnia.com

Kosmatka, S. H., & Panarese, W. C. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto (16.ª ed.). Portland Cement Association.

Lipa, [Iniciales]. (2019). Estudio comparativo del desempeño de agregados naturales de las canteras Cutimbo y Viluyo en la calidad del concreto [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].

López Roldán, P., & Fachelli, S. (2017). Metodología de la investigación cuantitativa.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). Norma Técnica E.060: Concreto Armado. Reglamento Nacional de Edificaciones.

Neville, A. M. (1998). Propiedades del concreto (4.ª ed.). CECSA.

Neville, A. M., & Brooks, J. J. (1998). Tecnología del concreto. Trillas.

Orozco, (2016). Caracterización del módulo de elasticidad y la relación de Poisson en mezclas de concreto [Tesis de pregrado, Universidad de los Llanos].

Ottazzi, L. (2004). Resistencia característica f'c del concreto.

Pasquel, (1998). Propiedades de agregados para concreto.

Peralta García, (2019). Variación de la resistencia a compresión en especímenes de concreto según tamaño máximo nominal del agregado.

Pérez Gordillo, (2017). Efecto de la variación granulométrica del agregado grueso en concreto permeable.

Rivva López, M. (2000). Manual de diseño de mezclas de concreto.

Rivva López, M. (2013). Propiedades del concreto endurecido.

Saiz Manzanares, A. (2018). Fundamentos de metodología de la investigación.

Sun, & Fanourakis, G. C. (2022). Influencia del tamaño máximo nominal en la rigidez del concreto. Journal of Concrete Construction, volumen, https://doi.org/[DOI]

Taico Lezama, (2020). Influencia del tamaño máximo nominal del agregado grueso en la resistencia mecánica y viabilidad económica del concreto [Tesis de pregrado, Nombre de la Universidad].

Vakhshouri, B., & Nejadi, S. (2018). Módulo de elasticidad en concreto: factores determinantes y modelación. Construction and Building Materials.

Valero, (2015). Proporción típica de los componentes del concreto [Material gráfico].

Zavaleta, H. (1992). El hormigón: Compendio de tecnología del concreto. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.

ANEXOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Método y Técnicas
Problema General: ¿Cómo influye la granulometría de los agregados en las propiedades mecánicas del concreto para su producción en el distrito de San Miguel – 2025? **Problemas Específicos:** ¿Cuáles son las características de los agregados extraídos de la cantera Unocolla? ¿Cómo influye el tamaño máximo nominal de ¾'', 1'' y 1 1/2'' en el diseño de mezclas de un concreto f'c=210kg/cm2? ¿Cómo varía la resistencia del concreto f'c=210kg/cm2, producido con tamaño máximo nominal de ¾'', 1'' y 1 1/2''?	**Objetivo General**: Análisis de la influencia de la granulometría de los agregados en las propiedades mecánicas del concreto para su producción en el distrito de San Miguel – 2025. **Objetivos Específicos:** Determinar la caracterización de los agregados extraídos de la cantera Unocolla. Elaborar el diseño de mezclas para un concreto f'c=210kg/cm2 con tamaño máximo nominal de ¾'', 1'' y 1 1/2''. Realizar un análisis comparativo de la resistencia del concreto f'c=210kg/cm2, producido con tamaño máximo nominal de ¾'', 1'' y 1 1/2''.	**Hipótesis General:** La granulometría de los agregados influye positivamente en las propiedades mecánicas del concreto para su producción en el distrito de San Miguel – 2025 **Hipótesis Específicos:** Los agregados extraídos de la cantera Unocolla cumplen con los limite establecidos en las normas NTP y ASTM. El diseño de mezclas del concreto producido con tamaño máximo nominal de 3/4", 1" y 1 1/2", tiene diferente relación de agua-cemento. El análisis comparativo de la resistencia del concreto f'c=210kg/cm2, aumenta de acuerdo al tamaño máximo nominal.	**Variable Independiente** Granulometría de los agregados **Variable Dependiente** Propiedades Mecánicas del concreto	Características de los agregados (fc'=210 kg/cm2)	Tamaño máximo nominal de ¾'', 1'' y 1 1/2'' Resistencia a la compresión	**Enfoque de investigación:** Cuantitativo **Nivel de investigación:** Explicativo **Tipo de investigación:** Aplicativo **Diseño de la investigación:** cuasiexperimental **Población:** Está conformada por una población de especímenes de concreto (briquetas) producidas. . **Muestra:** Como muestra de estudio se determina 27 testigos de concreto. **Técnicas a utilizar:** Fichas técnicas de los materiales utilizados Temperatura artificial Contenido de humedad de agregados Peso específico y absorción de agregados Peso unitario y porcentaje de vacíos de los agregados Análisis de granulométrico Asentamiento (SLUMP) Rotura de briquetas Observación y análisis de las propiedades del concreto

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 02

ENSAYOS DE LABORATORIO

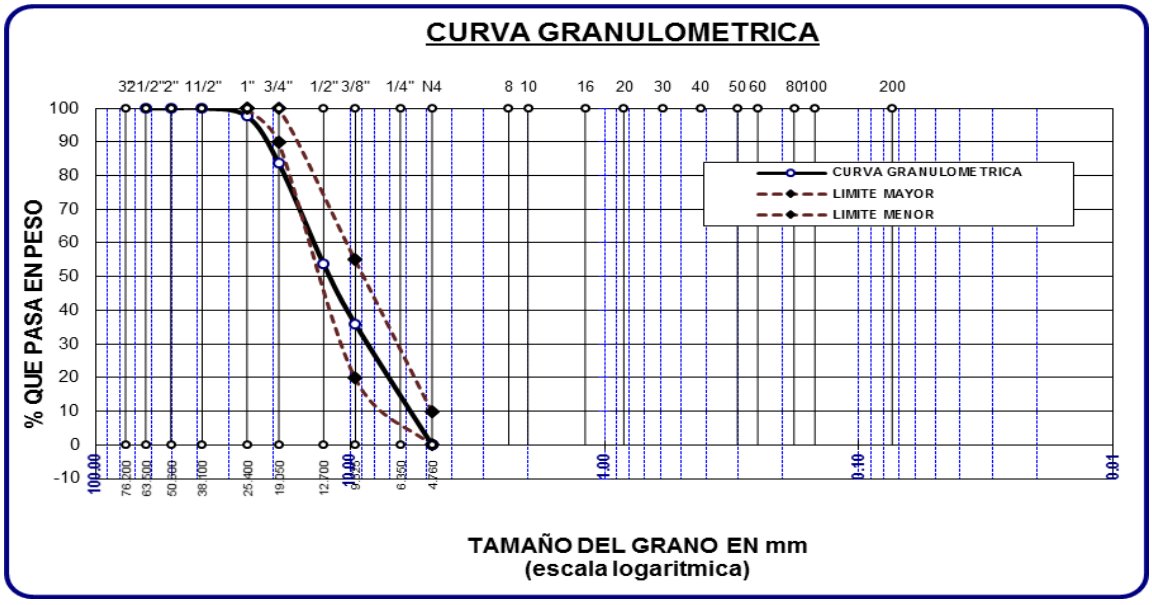
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GRUESO

(ASTM C136 NTP 400.012)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3''	76.200						
2 ½''	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso inicial = 4000.00
2''	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 ½''	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Tamaño Máximo = 1''
1''	25.400	93.78	2.34	2.34	97.66	100%	Tamaño Máximo Nominal = 3/4
¾''	19.050	560.23	14.00	16.35	83.65	90 – 100%	
½''	12.700	1195.10	29.87	46.22	53.78		OBSERVACIONES:
3/8''	9.525	714.85	17.87	64.09	35.91	20 – 55%	
¼''	6.350						
N°4	4.760	1436.89	35.91	100.00	0.00	0 – 10%	
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		
TOTAL		4000.00	100.00				
% DE PERDIDA		0.00					



Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

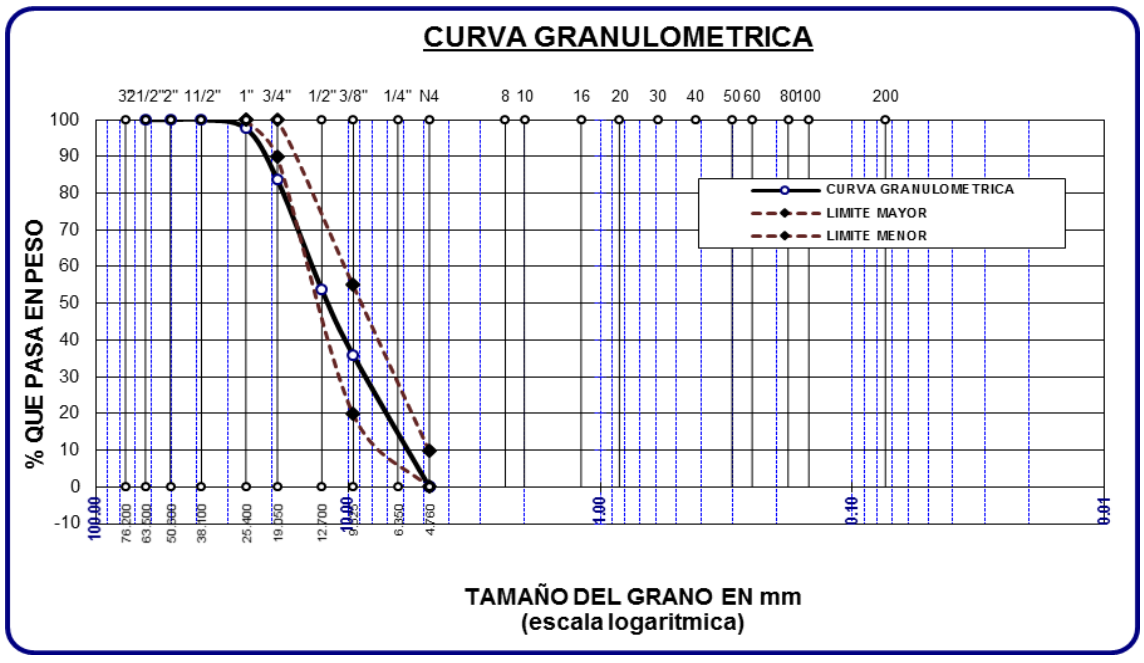
Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GRUESO

(ASTM C136 NTP 400.012)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3''	76.200						
2 ½''	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		**Peso inicial = 4000.00**
2''	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 ½''	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		**Tamaño Máximo = 1 1/2''**
1''	25.400	93.78	2.34	2.34	97.66	**100%**	**Tamaño Máximo Nominal = 1**
¾''	19.050	560.23	14.00	16.35	83.65	**90 – 100%**	
½''	12.700	1195.10	29.87	46.22	53.78		**OBSERVACIONES:**
3/8''	9.525	714.85	17.87	64.09	35.91	**20 – 55%**	
¼''	6.350						
N°4	4.760	1436.89	35.91	100.00	0.00	**0 – 10%**	
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		
TOTAL		4000.00	100.00				
% DE PERDIDA		0.00					



Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

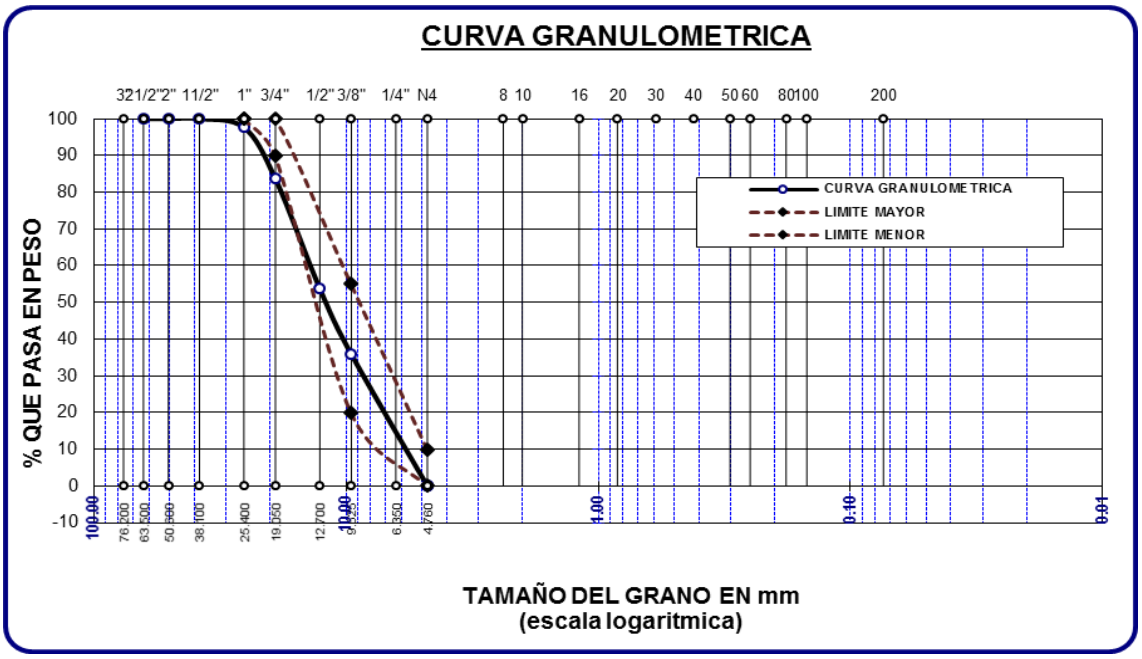
Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GRUESO

(ASTM C136 NTP 400.012)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3''	76.200						
2 ½''	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso inicial = 4000.00
2''	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	
1 ½''	38.100	95.63	2.78	2.78	97.23	95% -100%	Tamaño Máximo = 2
1''	25.400	700.12	19.03	21.56	77.11		Tamaño Máximo Nominal = 1 1/2
¾''	19.050	465.23	12.54	34.58	65.47	35% - 70%	
½''	12.700	790.23	22.01	56.12	43.58		OBSERVACIONES:
3/8''	9.525	650.54	18.10	72.96	25.17	10% – 30%	
¼''	6.350						
N°4	4.760	408.32	13.21	100.00	11.49	0 – 5%	
BASE		410.23	11.23	0.0	100.0		
TOTAL		4000.00	100.00				
% DE PERDIDA		0.00					



Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921
Kevin Quispe Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

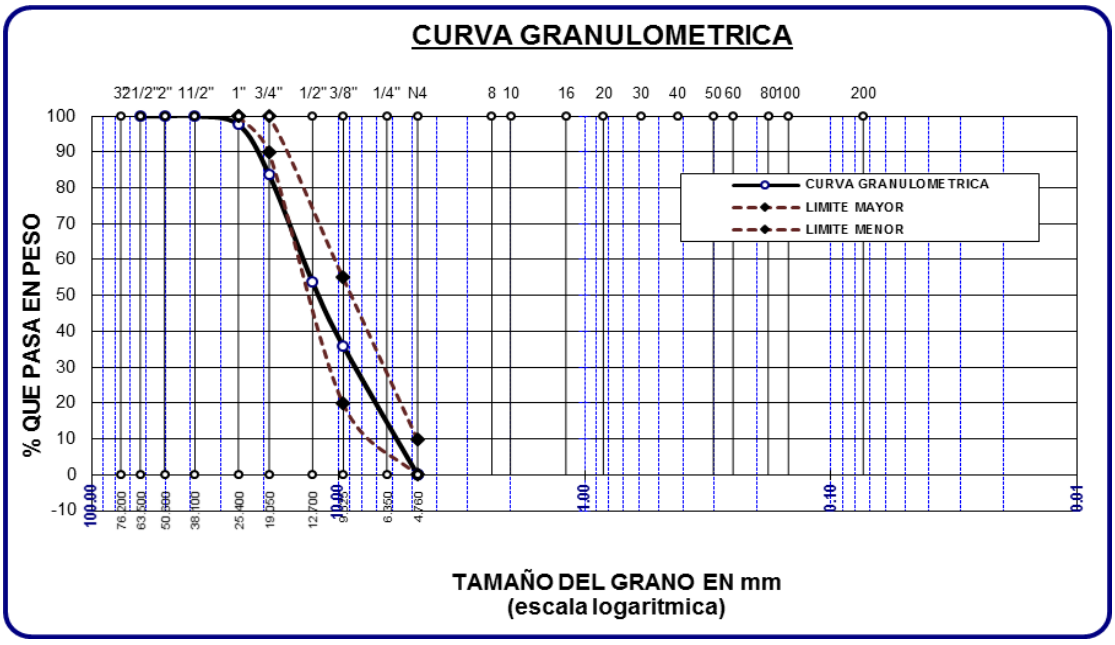
Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO FINO

(ASTM C136 NTP 400.012)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		**Peso inicial = 500.00**
N°4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95 – 100 %	
N°8	2.380	97.75	19.55	19.55	80.45	80 – 100%	**Modulo de fineza = 3.3**
N°10	2.000						
N°16	1.190	104.89	20.98	40.53	59.47	**50 – 85%**	**% que pasa la malla 200 = 0.98**
N°20	0.840						
N°30	0.590	109.99	22.00	62.53	37.47	**25 – 60%**	
N°40	0.420						**OBSERVACIONES:**
N°50	0.300	123.12	24.62	87.15	12.85	**10 – 30%**	
N°60	0.250						
N°80	0.180						
N°100	0.149	51.01	10.20	97.35	2.65	**2 – 10%**	
N°200	0.074	8.78	1.76	99.11	0.89		
BASE		4.46	0.89	100.00	0.00		
TOTAL		500	100.00				
% DE PERDIDA		0.00					



Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D - 2216 - MTC - E 108 - NTP 400.012)

AGREGADO FINO

		Numero de ensayos		
		T-1	**T-2**	**T-3**
Peso de la capsula	gr.	25.36	27.31	26.01
Peso capsula + muestra húmeda	gr.	360.47	359.11	363.61
Peso capsula + muestra seca	gr.	329.15	345.02	334.2
Peso del agua	gr.	31.32	14.09	29.41
Peso de la muestra seca	gr.	303.79	317.71	308.19
Contenido de humedad parcial	%	10.31	4.43	9.54
Contenido de humedad promedio	**%**	**8.10**		

AGREGADO GRUESO

		Numero de ensayos		
		M-1	**M-3**	**M-5**
Peso de la capsula	gr.	28.3	31.26	30.12
Peso capsula + muestra húmeda	gr.	545.29	541.06	545.01
Peso capsula + muestra seca	gr.	522.01	521.03	523.14
Peso del agua	gr.	23.28	20.03	21.87
Peso de la muestra seca	gr.	493.71	489.77	493.02
Contenido de humedad parcial	%	4.72	4.09	4.44
Contenido de humedad promedio	**%**	**4.41**		

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

(ASTM C127 - ASTM C128 - NTP 400.037)

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO			
N°	**Descripción**	**und.**	**Cantidad**
1	Peso de la muestra superficialmente seca	gr.	500.00
2	Peso del picnómetro + peso del agua	gr.	1329.21
3	Peso de la arena superficialmente seca + peso del picnómetro + peso del agua	gr.	**1632.86**
4	Peso de la arena secada al horno + peso de la tara	gr.	604.40
5	Peso de la tara	gr.	124.56
6	Peso de la arena secada al horno (4-5)	gr.	479.84
	Resultados		
1	Peso específico aparente (1/(2+1-3))	gr/cm3	2.55
2	Porcentaje de absorción ((1-6)/6)	%	4.20

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO			
N°	**Descripción**	**und.**	**Cantidad**
1	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	700.00
2	Peso de la probeta aforado + peso del agua	gr.	1329.21
3	Peso de la probeta + peso del agua + peso de la muestra satur. super. Seca	gr.	**1750.60**
4	Peso de la arena secada al horno + peso de la tara	gr.	797.65
5	Peso de la tara	gr.	120.63
6	Peso de la arena secada al horno (4-5)	gr.	677.02
	Resultados		
1	Peso específico aparente (1/(2+1-3))	gr/cm3	2.51
2	Porcentaje de absorción ((1-6)/6)	%	3.39

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

(ASTM C127 - ASTM C128 - NTP 400.037)

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO			
N°	**Descripción**	**und.**	**Cantidad**
1	Peso de la muestra superficialmente seca	gr.	700.00
2	Peso del picnómetro + peso del agua	gr.	1329.21
3	Peso de la arena superficialmente seca + peso del picnómetro + peso del agua	gr.	**1748.63**
4	Peso de la arena secada al horno + peso de la tara	gr.	799.61
5	Peso de la tara	gr.	122.56
6	Peso de la arena secada al horno (4-5)	gr.	677.05
	Resultados		
1	Peso específico aparente (1/(2+1-3))	gr/cm3	2.49
2	Porcentaje de absorción ((1-6)/6)	%	3.39

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO			
N°	**Descripción**	**und.**	**Cantidad**
1	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	700.00
2	Peso de la probeta aforado + peso del agua	gr.	1329.21
3	Peso de la probeta + peso del agua + peso de la muestra satur. super. Seca	gr.	**1745.80**
4	Peso de la arena secada al horno + peso de la tara	gr.	797.03
5	Peso de la tara	gr.	119.36
6	Peso de la arena secada al horno (4-5)	gr.	677.67
	Resultados		
1	Peso específico aparente (1/(2+1-3))	gr/cm3	2.47
2	Porcentaje de absorción ((1-6)/6)	%	3.30

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

PESO UNITARIO

(ASTM C29 / C29M - NTP 400.023)

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO				
Descripción	**Und.**	**N° de muestras**		
		1	**2**	**3**
Peso del material + molde	g	9710	9712	9763
Peso del molde	g	6348	6348	6348
Peso del material	g	**3362**	**3364**	**3415**
Colocación de la muestra a molde		**Caída libre**	**Caída libre**	**Caída libre**
Volumen del molde	cm3	2161	2161	2161
Peso unitario	g/cm3	1.556	1.557	1.580
Promedio	g/cm3	1.564		

PESO UNITARIO VARILLADO AGREGADO FINO				
Descripción	**Und.**	**N° de muestras**		
		1	**2**	**3**
Peso del material + molde	g	9945	9950	9960
Peso del molde	g	6348	6348	6348
Peso del material	g	**3597**	**3602**	**3612**
N° de capas		**3**	**3**	**3**
N° de golpes por capa		**25**	**25**	**25**
Volumen del molde	cm3	2161	2161	2161
Peso unitario	g/cm3	1.665	1.667	1.671
Promedio	g/cm3	1.668		

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO : ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE : Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN : JULIACA
CANTERA : UNOCOLLA
FECHA : NOBIEMBRE DEL 2025

PESO UNITARIO

(ASTM C29 / C29M - NTP 400.023)

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO				
Descripción	**Und.**	**N° de muestras**		
		1	**2**	**3**
Peso del material + molde	g	9450	9654	9719
Peso del molde	g	6348	6348	6348
Peso del material	g	**3102**	**3306**	**3371**
Colocación de la muestra a molde		**Caída libre**	**Caída libre**	**Caída libre**
Volumen del molde	cm3	2161	2161	2161
Peso unitario	g/cm3	1.435	1.530	1.560
Promedio	g/cm3	1.508		

PESO UNITARIO VARILLADO AGREGADO GRUESO				
Descripción	**Und.**	**N° de muestras**		
		1	**2**	**3**
Peso del material + molde	g	9945	9987	9838
Peso del molde	g	6348	6348	6348
Peso del material	g	**3597**	**3639**	**3490**
N° de capas		**3**	**3**	**3**
N° de golpes por capa		**25**	**25**	**25**
Volumen del molde	cm3	2161	2161	2161
Peso unitario	g/cm3	1.665	1.684	1.615
Promedio	g/cm3	1.654		

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO : ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE : Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN : JULIACA
CANTERA : UNOCOLLA
FECHA : NOBIEMBRE DEL 2025

PESO UNITARIO

(ASTM C29 / C29M - NTP 400.023)

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO				
Descripción	**Und.**	**N° de muestras**		
		1	**2**	**3**
Peso del material + molde	g	9468	9578	9645
Peso del molde	g	6348	6348	6348
Peso del material	g	**3120**	**3230**	**3297**
Colocación de la muestra a molde		**Caída libre**	**Caída libre**	**Caída libre**
Volumen del molde	cm3	2161	2161	2161
Peso unitario	g/cm3	1.444	1.495	1.526
Promedio	g/cm3	1.488		

PESO UNITARIO VARILLADO AGREGADO GRUESO				
Descripción	**Und.**	**N° de muestras**		
		1	**2**	**3**
Peso del material + molde	g	9874	9856	9909
Peso del molde	g	6348	6348	6348
Peso del material	g	**3526**	**3508**	**3561**
N° de capas		**3**	**3**	**3**
N° de golpes por capa		**25**	**25**	**25**
Volumen del molde	cm3	2161	2161	2161
Peso unitario	g/cm3	1.632	1.623	1.648
Promedio	g/cm3	1.634		

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

PESO UNITARIO

(ASTM C29 / C29M - NTP 400.023)

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO				
Descripción	**Und.**	**N° de muestras**		
		1	**2**	**3**
Peso del material + molde	g	9520	9510	9544
Peso del molde	g	6348	6348	6348
Peso del material	g	**3172**	**3162**	**3196**
Colocación de la muestra a molde		**Caída libre**	**Caída libre**	**Caída libre**
Volumen del molde	cm3	2161	2161	2161
Peso unitario	g/cm3	1.468	1.463	1.479
Promedio	g/cm3	1.470		

PESO UNITARIO VARILLADO AGREGADO GRUESO				
Descripción	**Und.**	**N° de muestras**		
		1	**2**	**3**
Peso del material + molde	g	9820	9840	9832
Peso del molde	g	6348	6348	6348
Peso del material	g	**3472**	**3492**	**3484**
N° de capas		**3**	**3**	**3**
N° de golpes por capa		**25**	**25**	**25**
Volumen del molde	cm3	2161	2161	2161
Peso unitario	g/cm3	1.607	1.616	1.612
Promedio	g/cm3	1.612		

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO : ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE : Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN : JULIACA
CANTERA : UNOCOLLA
FECHA : NOBIEMBRE DEL 2025

COMPRESIÓN DEL CONCRETO

(ASTM C39 / C39M - NTP 339.034)

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M - 1 TMN DE 1 1/2"	19980.00	15.03	177.42	112.61	210	1/11/2025	8/11/2025	7	**53.63%**
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.10 x 30.0 cm M - 2 TMN DE 1 1/2"	20374.00	15.10	179.08	113.77	210	1/11/2025	8/11/2025	7	**54.18%**
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M - 3 TMN DE 1 1/2"	20645.00	15.00	176.71	116.83	210	1/11/2025	8/11/2025	7	**55.63%**
								PROMEDIO		**54.48%**

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.10 x 30.0 cm M - 1 TMN DE 1 1/2"	30450.00	15.10	179.08	170.04	210	1/11/2025	15/11/2025	14	**80.97%**
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M - 2 TMN DE 1 1/2"	31561.00	15.02	177.19	178.12	210	1/11/2025	15/11/2025	14	**84.82%**
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M - 3 TMN DE 1 1/2"	30874.00	15.04	177.66	173.78	210	1/11/2025	15/11/2025	14	**82.75%**
								PROMEDIO		**82.85%**

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.08 x 30.0 cm M - 1 TMN DE 1 1/2"	38690.00	15.08	178.6	216.63	210	1/11/2025	29/11/2025	28	**103.16%**
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M - 2 TMN DE 1 1/2"	37964.00	15.02	177.19	214.26	210	1/11/2025	29/11/2025	28	**102.03%**
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M - 3 TMN DE 1 1/2"	38320.00	15.03	177.42	215.98	210	1/11/2025	29/11/2025	28	**102.85%**
								PROMEDIO		**102.68%**

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20612137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO : ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE : Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN : JULIACA
CANTERA : UNOCOLLA
FECHA : NOBIEMBRE DEL 2025

COMPRESIÓN DEL CONCRETO

(ASTM C39 / C39M - NTP 339.034)

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.92 x 30.0 cm M - 1 TMN DE 1"	23410.00	14.92	174.83	133.90	210	1/11/2025	8/11/2025	7	**63.76%**
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm M - 2 TMN DE 1"	24520.00	14.98	176.24	139.13	210	1/11/2025	8/11/2025	7	**66.25%**
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M - 3 TMN DE 1"	23890.00	15.01	176.95	135.01	210	1/11/2025	8/11/2025	7	**64.29%**
								PROMEDIO		**64.77%**

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.08 x 30.0 cm M - 1 TMN DE 1"	32580.00	15.08	178.6	182.42	210	1/11/2025	15/11/2025	14	**86.87%**
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M - 2 TMN DE 1"	33260.00	15.00	176.71	188.22	210	1/11/2025	15/11/2025	14	**89.63%**
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M - 3 TMN DE 1"	33120.00	15.03	177.42	186.68	210	1/11/2025	15/11/2025	14	**88.89%**
								PROMEDIO		**88.46%**

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M - 1 TMN DE 1"	38769.00	15.00	176.71	219.39	210	1/11/2025	29/11/2025	28	**104.47%**
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M - 2 TMN DE 1"	39120.00	15.03	177.42	220.49	210	1/11/2025	29/11/2025	28	**105.00%**
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M - 3 TMN DE 1"	39520.00	15.06	178.13	221.86	210	1/11/2025	29/11/2025	28	**105.65%**
								PROMEDIO		**105.04%**

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20612137921
Kevin Quispe Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO : ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE : Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN : JULIACA
CANTERA : UNOCOLLA
FECHA : NOBIEMBRE DEL 2025

COMPRESIÓN DEL CONCRETO

(ASTM C39 / C39M - NTP 339.034)

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.10 x 30.0 cm M - 1 TMN DE 3/4"	27635.00	15.10	179.08	154.32	210	1/11/2025	8/11/2025	7	**73.48%**
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M - 2 TMN DE 3/4"	26894.00	15.02	177.19	151.78	210	1/11/2025	8/11/2025	7	**72.28%**
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M - 3 TMN DE 3/4"	26987.00	15.00	176.71	152.72	210	1/11/2025	8/11/2025	7	**72.72%**
								PROMEDIO		**72.83%**

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.80 x 30.0 cm M - 1 TMN DE 3/4"	33892.00	14.80	172.03	197.01	210	1/11/2025	15/11/2025	14	**93.82%**
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M - 2 TMN DE 3/4"	33754.00	15.04	177.66	189.99	210	1/11/2025	15/11/2025	14	**90.47%**
3	BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30.0 cm M - 3 TMN DE 3/4"	33964.00	14.90	174.37	194.78	210	1/11/2025	15/11/2025	14	**92.75%**
								PROMEDIO		**92.35%**

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M - 1 TMN DE 3/4"	40365.00	15.04	177.66	227.20	210	1/11/2025	29/11/2025	28	**108.19%**
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M - 2 TMN DE 3/4"	41056.00	15.01	176.95	232.02	210	1/11/2025	29/11/2025	28	**110.49%**
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.20 x 30.0 cm M - 3 TMN DE 3/4"	41742.00	15.20	181.46	230.03	210	1/11/2025	29/11/2025	28	**109.54%**
								PROMEDIO		**109.41%**

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC/ 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

DISEÑO DE MEZCLAS

(ACI 211.1.74 / ACI 211.1.81)

PROCESO DE DISEÑO

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 210 Kg./cm.2 a los 28 días

entonces la resistencia promedio F'cr = 294 Kg./cm.2

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de:

1 1/2" (38.1mm)

Además, se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERISTICAS FISICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREAGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.47	2.55
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1612	1668
P.U. Suelto	1470	1564
% de Absorción	3.30	4.20
% de Humedad Natural	4.41	8.10
Módulo de Fineza	-	3.3

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1.- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm.).

2.- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal:

1 1/2" (38.1mm)

3.- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de:

181 Lt/m3

4.- Como el concreto no estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de:

1.0 %

5.- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento (a/c) será de:

0.56

6.- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

(181 Lt/m3) / (0.56) = **323.21 Kg/m3**

7.- De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.3 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1612 Kg/m3 y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 1 1/2" (38.1mm) se recomienda el uso de 0.671 m3 de agregado grueso por m3 de concreto.

Por tanto, el peso seco del agregado grueso será de:

(0.671) *(1612) = **1081.65 Kg/m3**

8.- Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m3 de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

Volumen absoluto de agua	= (181) / (1000)	= 0.205
Volumen absoluto de cemento	= (323.21) / (2.75 * 1000)	= 0.118
Volumen absoluto de agregado grueso	= (1081.65) / (2.47 * 1000)	= 0.438
Volumen de aire atrapado	= (1.0) / (100)	= 0.010
Volumen sub total	=	0.747m3

Volumen absoluto de arena

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

Por tanto, el peso requerido de arena seca será de: (1.000 – 0.747) =0.253 m3

(0.253) * (2.55) * 1000 = 645.15 Kg/m3

9.- De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

Agregado grueso húmedo	(1081.65) * (1.0354)	= 1129.35 Kg.
Agregado fino húmedo	(645.15) * (1.0507)	= 697.41 Kg.

10.- El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$181 - 645.15 * \frac{(4.20 - 8.10)}{100} - 1129.35 \frac{(3.30 - 4.21)}{100} = 143.83$$

11.- Ajuste teórico de diseño por corrección de absorción de agregados para el material cemento por ser el más incidente en el diseño de mezcla: Rac= a/c

$$C = \frac{144}{0.56} = 256.84$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	(Kg/m3)		(Kg/m3)	PESO HUMEDO
Cemento	323	1.00	323	1.00
Agua	181	0.56	144	0.45
Agreg. Grueso	1082	3.4	1129	3.5
Agreg, Fino	645	2	697	2.2
Aire	1.0 %		1.0 %	

7.6 BOLSAS / m3 DE CEMENTO

DOSIFICACION POR PESO:

Cemento	:	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	:	93.50 Kg.
Agregado grueso húmedo	:	148.75 Kg.
Agua efectiva	:	19.13 Kg.

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

DISEÑO DE MEZCLAS

(ACI 211.1.74 / ACI 211.1.81)

PROCESO DE DISEÑO

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 210 Kg./cm.2 a los 28 días

entonces la resistencia promedio F'cr = 294 Kg./cm.2

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de:

3/4" (19.5mm)

Además, se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERISTICAS FISICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREAGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.51	2.55
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1654	1668
P.U. Suelto	1508	1564
% de Absorción	3.39	4.20
% de Humedad Natural	4.41	8.10
Módulo de Fineza	-	3.3

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1.- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm.).

2.- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal:

3/4" (19.5mm)

3.- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de:

205 Lt/m3

4.- Como el concreto no estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de:

2.0 %

5.- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento (a/c) será de:

0.56

6.- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

(205 Lt/m3) / (0.56) = **366.07 Kg/m3**

7.- De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.3 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1654 Kg/m3 y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (219.5mm) se recomienda el uso de 0.571 m3 de agregado grueso por m3 de concreto.

Por tanto, el peso seco del agregado grueso será de:

(0.571) *(1654) = **944.34 Kg/m3**

8.- Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m3 de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

Volumen absoluto de agua	= (205) / (1000)	= 0.205
Volumen absoluto de cemento	= (366.07) / (2.75 * 1000)	= 0.133
Volumen absoluto de agregado grueso	= (944.43) / (2.51 * 1000)	= 0.376
Volumen de aire atrapado	= (2.0) / (100)	= 0.020
Volumen sub total	=	0.734 m3

Volumen absoluto de arena

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921
Kevin Quispe Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

Por tanto, el peso requerido de arena seca será de: (1.000 – 0.734) =0.266 m3

(0.266) * (2.55) * 1000 = 678.30 Kg/m3

9.- De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

Agregado grueso húmedo	(944.43) * (1.0354)	= 986.08 Kg.
Agregado fino húmedo	(678.30) * (1.0507)	= 733.24 Kg.

10.- El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$205 - 678.30 * \frac{(4.20 - 8.10)}{100} - 944.43 \frac{(3.39 - 4.41)}{100} = 168.92$$

11.- Ajuste teórico de diseño por corrección de absorción de agregados para el material cemento por ser el más incidente en el diseño de mezcla: Rac= a/c

$$C = \frac{169}{0.56} = 301.79$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	(Kg/m3)		(Kg/m3)	PESO HUMEDO
Cemento	366	1.00	366	1.00
Agua	205	0.56	169	0.46
Agreg. Grueso	944	2.6	986	2.7
Agreg, Fino	678	1.9	733	2
Aire	1.5 %		1.5 %	

8.61 BOLSAS / m3 DE CEMENTO

DOSIFICACION POR PESO:

Cemento	:	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	:	85.0 Kg.
Agregado grueso húmedo	:	114.75g.
Agua efectiva	:	19.55 kg.

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

PROYECTO	:	ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025
SOLICITANTE	:	Bach. SALVADOR HUANCA MAMANI
UBICACIÓN	:	JULIACA
CANTERA	:	UNOCOLLA
FECHA	:	NOBIEMBRE DEL 2025

DISEÑO DE MEZCLAS

(ACI 211.1.74 / ACI 211.1.81)

PROCESO DE DISEÑO

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 210 Kg./cm.2 a los 28 días

entonces la resistencia promedio F'cr = 294 Kg./cm.2

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de:

1" (25.4mm)

Además, se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERISTICAS FISICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREAGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.49	2.55
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1634	1668
P.U. Suelto	1488	1564
% de Absorción	3.39	4.20
% de Humedad Natural	4.41	8.10
Módulo de Fineza	-	3.3

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1.- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm.).

2.- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal:

1" (25.4mm)

3.- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de:

193 Lt/m3

4.- Como el concreto no estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de:

1.5 %

5.- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento (a/c) será de:

0.56

6.- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

(193 Lt/m3) / (0.56) = **344.64 Kg/m3**

7.- De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.3 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1634 Kg/m3 y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 1" (25.4mm) se recomienda el uso de 0.621 m3 de agregado grueso por m3 de concreto.

Por tanto, el peso seco del agregado grueso será de:

(0.621) *(1634) = **1014.71 Kg/m3**

8.- Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m3 de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

Volumen absoluto de agua	= (193) / (1000)	= 0.193
Volumen absoluto de cemento	= (344.64) / (2.75 * 1000)	= 0.125
Volumen absoluto de agregado grueso	= (1014.71) / (2.49 * 1000)	= 0.408
Volumen de aire atrapado	= (1.5) / (100)	= 0.015
Volumen sub total	=	0.741 m3

Volumen absoluto de arena

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

Por tanto, el peso requerido de arena seca será de: (1.000 – 0.741) =0.259 m3

(0.259) * (2.55) * 1000 = 660.45 Kg/m3

9.- De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

Agregado grueso húmedo	(1014.71) * (1.0354)	= 1059.46 Kg.
Agregado fino húmedo	(660.45) * (1.0507)	= 713.95 Kg.

10.- El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$193 - 660.45 * \frac{(4.20 - 8.10)}{100} - 1014.71 \frac{(3.39 - 4.41)}{100} = 156.89$$

11.- Ajuste teórico de diseño por corrección de absorción de agregados para el material cemento por ser el más incidente en el diseño de mezcla: Rac= a/c

$$C = \frac{157}{0.56} = 280.36$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	(Kg/m3)		(Kg/m3)	PESO HUMEDO
Cemento	345	1.00	345	1.00
Agua	193	0.56	157	0.46
Agreg. Grueso	1015	2.9	1060	3.1
Agreg, Fino	661	1.9	714	2.1
Aire	1.5 %		1.5 %	

8.11 BOLSAS / m3 DE CEMENTO

DOSIFICACION POR PESO:

Cemento	:	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	:	87.98Kg.
Agregado grueso húmedo	:	130.48g.
Agua efectiva	:	19.55 kg.

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quispaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X] Fecha de entrega: 30-06-2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: SALVADOR HUANCA MAMANI
Dirección: C.P OCCOPAMPA / MOHO
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74851430
Teléfono: 924993240 email: salvadorhuancamamani1@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL
Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]

Título: ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PARA SU PRODUCCIÓN EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL – 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Tamaño maxino nominal, resistencia a compresión, concreto.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1, 2]?

1, 2

[1] Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
[2] Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Titulo ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a):_____

☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comérciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

☐ Sí autorizo

☒ No autorizo

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral**. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



Firma de Autor | huella digital | 30 de Junio del 2026 (Fecha)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/