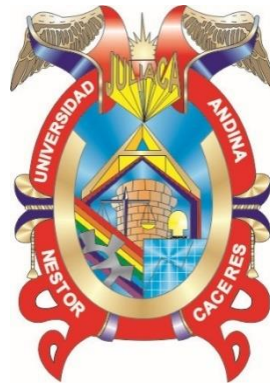




**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN  
DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR  
DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS  
EN LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:  
**Bach. MARCO VEGA CAYO**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

JULIACA - PERÚ  
2024



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. MARCO VEGA CAYO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:   
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

**PRIMER MIEMBRO**

:   
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

**ASESOR DE TESIS**

:   
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 317-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 09 de julio de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 075-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°276-2024 de fecha 25 de junio de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Civil** y;

**CONSIDERANDO:**

Que, el Bachiller: **MARCO VEGA CAYO**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- \* **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- \* **1er Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- \* **2do Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- \* **Asesor** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.** - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **MARCO VEGA CAYO**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : viernes 12 de julio de 2024
- \* **HORA** : 10:30
- \* **LUGAR** : Aula 306 - FICP

**ARTICULO SEGUNDO.** - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación 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 Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADEMICO  
CIP. 65531

C.c. Arch. 2024  
Interesado  
Escuela Profesional



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 276-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 25 de junio de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 109-2024-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Civil, **INFORME N° 071-2024-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 707-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **02 de agosto de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **12 de junio de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniería Civil, con el tema titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **MARCO VEGA CAYO**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- \* **1er Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- \* **2do Miembro** : **Mgr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 501-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.- APROBAR**, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **MARCO VEGA CAYO**, para optar el Título Profesional de Ingeniería Civil, con el Tema Titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

**ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER**, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

**ARTICULO TERCERO.-** La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,

cc.  
archivo 2024  
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MICHON QUISEP HUANCA  
DECANO  
D.P. 47790



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
D.P. 95531



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 707-2023-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 02 de agosto 2023

**VISTOS:**

El, **INFORME N° 368-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 0119-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 081-2023-UANCV-FICP-UI-CI-EPIC** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **22 de julio de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **MARCO VEGA CAYO**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- \* **1er Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- \* **2do Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **MARCO VEGA CAYO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

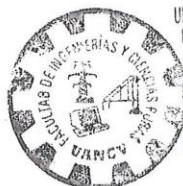
La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

**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.

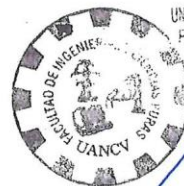
Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.  
archivo 2023  
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Mgtr. MILTHON QUISEP HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95531



## DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD C/ LA INVESTIGACIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

18%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	14%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	1library.co Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1%

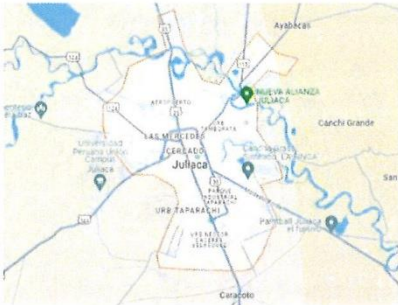
Submitted to Universidad Continental



### Metadatos Complementarios

<b>Título de la Tesis</b>	
DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	MARCO VEGA CAYO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47550851
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0008-7832-8803">https://orcid.org/0009-0008-7832-8803</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8509-7224">https://orcid.org/0000-0001-8509-7224</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> San Román  <b>Distrito:</b> Juliaca  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> 15°29'27"S  <b>Longitud:</b> 70°07'37"O</p> <p><b>URL Maps:</b>  <a href="https://maps.app.goo.gl/gz13k6WG2EH78tqx5">https://maps.app.goo.gl/gz13k6WG2EH78tqx5</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2023 – Julio 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.htm">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.htm</a>  - Librería	<p><b>Ingeniería Civil</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a></p> <p><b>Ingeniería de la construcción</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a></p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAJON DE TILLO  
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
 DIRECTOR  
 JULIACA - TILLO

*Dr. Efraín Acuña Sosa*  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo MARCO VEGA CAYO, identificado con DNI

Nro. 47550851, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

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

DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICION DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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 tuyas 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 16 de AGOSTO del 2024

  
Firma del Asesor (obligatoria)

  
Firma del Estudiante (obligatoria)

  
Huella



ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xii

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Exposición de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Justificación del estudio.....	2
1.3.1. Justificación Técnica.....	2
1.3.2. Justificación Económica.....	3
1.3.3. Justificación Social .....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Hipótesis .....	4
1.5.1. Hipótesis General .....	4
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	5
1.6. Variables .....	5
1.6.1. Variable Independiente .....	5



1.6.2. Variable Dependiente ..... 5

1.6.3. Variable Interviniente ..... 6

1.6.4. Operacionalización de variables ..... 6

**CAPITULO II**

**MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la investigación ..... 7

2.2. Bases teóricas..... 12

    2.2.1. El Concreto ..... 12

    2.2.2. Composición del Concreto ..... 13

    2.2.3. Propiedades del Concreto Fresco..... 21

    2.2.4. Resistencia del Concreto ..... 25

    2.2.5. Medida de la resistencia a la compresión ..... 31

    2.2.6. Aditivos ..... 34

    2.2.7. Durabilidad del Concreto ..... 39

2.3. Marco conceptual..... 47

    2.3.1. Curado del concreto: ..... 47

    2.3.2. Durabilidad del concreto: ..... 47

    2.3.3. Endurecimiento del concreto: ..... 48

    2.3.4. Módulo de elasticidad del concreto:..... 48

    2.3.5. Cemento: ..... 49

    2.3.6. Cemento Portland:..... 49

    2.3.7. Cemento Portland Puzolánico: ..... 49

    2.3.8. Concreto: ..... 49

    2.3.9. Concreto estructural:..... 50

    2.3.10. Concreto armado o reforzado:..... 50

    2.3.11. Concreto simple: ..... 50

    2.3.12. Resistencia a la fluencia:..... 50

    2.3.13. Resistencia especificada a la compresión del concreto ( $f'_c$ ): ..... 50



**CAPITULO III**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Diseño de la investigación..... 52

3.2. Tipo de la investigación..... 52

3.3. Nivel de investigación..... 53

3.4. Descripción del ámbito de la investigación..... 53

3.5. Población y muestra..... 53

    3.5.1. Población..... 53

    3.5.2. Muestra..... 54

3.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos ..... 55

    3.6.1. Técnica para la recolección de datos..... 55

    3.6.2. Instrumentos para la recolección de datos..... 55

3.7. Validez y confiabilidad del instrumento..... 56

    3.7.1. Validez del instrumento..... 56

    3.7.2. Confiabilidad del instrumento..... 56

3.8. Procedimiento ..... 56

    3.8.1. Estudio y Ubicación de la Cantera de los agregados..... 56

3.9. Determinación de la dosificación de aditivos incorporador de aire y superplastificante PARA DISEÑAR CONCRETO POR DURABILIDAD..... 58

    3.9.1. Ensayos realizados en los agregados ..... 58

    3.9.2. Diseño de Mezcla de Concreto ..... 69

    3.9.3. Diseño de Mezcla según los grupos de Prueba..... 75

    3.9.4. Equipos e instrumentos ..... 78

    3.9.5. Elaboración de probetas de concreto ..... 81

    3.9.6. Mezclado y colocado de concreto a los moldes cilíndricos ..... 83

    3.9.7. Curado de los Especímenes ..... 85

    3.9.8. Sometimiento de especímenes a ciclos de hielo y deshielo ..... 85

3.10. Procedimiento para analizar las propiedades del concreto en estado fresco .. 88



3.10.1. Ensayos del concreto en estado fresco ..... 88

3.11. Procedimiento para determinar la resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días, adicionando aditivo incorporador de aire y superplastificante ..... 94

3.11.1. Ensayo del concreto en estado endurecido..... 94

**CAPITULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Resultados de la dosificación adecuada de aditivos incorporador de aire y superplastificante para diseñar concreto por durabilidad ..... 96

4.1.1. Interpretación de resultado ..... 98

4.2. Resultados de las propiedades del concreto en estado fresco: asentamiento, peso unitario, contenido de aire, adicionando aditivos incorporador de aire y superplastificante ..... 99

4.2.1. Asentamiento..... 99

4.2.2. Peso unitario del concreto fresco..... 103

4.2.3. Contenido de aire ..... 107

4.3. Resultados de la resistencia a la compresión concreto en estado endurecido... 111

4.3.1. Resistencia a la Compresión ..... 111

4.4. Discusión de resultados ..... 117

CONCLUSIONES ..... 119

RECOMENDACIONES..... 121

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 122

ANEXOS..... 125



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Componentes del Concreto .....	14
<b>Figura 2</b> Cono de Abrams.....	24
<b>Figura 3</b> Ensayo de cono de Abrams.....	25
<b>Figura 4</b> Segregación de una mezcla de concreto .....	26
<b>Figura 5</b> Exudación de una mezcla concreto en estado fresco .....	28
<b>Figura 6</b> Curva Resistencia media a la compresión vs relación agua cemento .....	30
<b>Figura 7</b> Correspondencia entre la resistencia a la compresión y la relación a/c para concreto con y sin aire incluido .....	31
<b>Figura 8</b> Resistencia a la compresión para varios tamaños máximos de los agregados.....	33
<b>Figura 9</b> Resistencia a compresión en función a la edad, para una variedad de condiciones de curado .....	34
<b>Figura 10</b> Toma de cilindros de Concreto .....	37
<b>Figura 11</b> Ubicación de la Cantera Yocará .....	61
<b>Figura 12</b> Cuarteo de materiales obtenidos de la cantera Yocará .....	62
<b>Figura 13</b> Peso de la tara más muestra húmeda .....	63
<b>Figura 14</b> Molde cónico de absorción .....	66
<b>Figura 15</b> Obtención de los pesos del agregado fino más agua método del Picnómetro ....	66
<b>Figura 16</b> Apisonado del agregado Grueso en recipiente metálico .....	72
<b>Figura 17</b> Peso del molde más la muestra compactada del agregado grueso.....	72
<b>Figura 18</b> Colocado del Agregado Grueso para el análisis granulométrico .....	76
<b>Figura 19</b> Material Retenido de agregado grueso en cada Tamiz .....	77
<b>Figura 20</b> Curva de distribución granulométrica del agregado Fino.....	78
<b>Figura 21</b> Curva de distribución granulométrica del agregado Grueso.....	80
<b>Figura 22</b> Sikament 306 presentación Cilindro 200L.....	93
<b>Figura 23</b> Aditivo incorporador de aire Sika Aer 4 Litros .....	94
<b>Figura 24</b> Congeladora Utilizada para el proyecto .....	94



<b>Figura 25</b> Termohigrómetro marca Boeco utilizado.....	95
<b>Figura 26</b> Pesado del cemento para elaborar probetas de concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .....	97
<b>Figura 27</b> Elaboración de probetas de Concreto .....	98
<b>Figura 28</b> Elaboración de probetas cilindricas.....	98
<b>Figura 29</b> Curado de probetas sumergidas en agua .....	99
<b>Figura 30</b> Probetas sometidas a congelamiento .....	101
<b>Figura 31</b> Probetas sometidas a deshielo en ambiente natural .....	102
<b>Figura 32</b> Tipo de falla de cilindros de prueba estándar.....	110
<b>Figura 33</b> Registro del diámetro de la probeta para determinar la Resistencia a la compresión ...	111
<b>Figura 34</b> Ensayo Resistencia a la Compresión.....	111
<b>Figura 35</b> Ensayo de Asentamiento o Slump .....	105
<b>Figura 36</b> Ensayo Peso Unitario del concreto en estado fresco .....	106
<b>Figura 37</b> Olla de Washington .....	108
<b>Figura 38</b> Contenido de aire para $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> más Sika Aer 0.07%.....	108
<b>Figura 39</b> Prueba de Normalidad en software SPSS .....	116
<b>Figura 40</b> Prueba de Levene en el Software SPSS.....	117
<b>Figura 41</b> Calculo P-valor de la prueba ANOVA de un factor en software SPSS, para diseño de mezcla 210 kg/cm <sup>2</sup> y resistencia a la compresión a los 7 días .....	118
<b>Figura 42</b> Pruebas Pos Hoc de Bonferroni para comparaciones múltiples en software SPSS, para diseño de mezcla $f'c= 210$ kg/cm <sup>2</sup> y resistencia a la compresión a los 7 días ..	119
<b>Figura 43</b> Asentamiento para diseño de mezcla 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	124
<b>Figura 44</b> Asentamiento para diseño de mezcla 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	125
<b>Figura 45</b> Peso unitario diseño: $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .....	128
<b>Figura 46</b> Peso unitario diseño: $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> .....	129
<b>Figura 47</b> Gráfico para Contenido de aire $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .....	131
<b>Figura 48</b> Gráfico para Contenido de aire $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .....	132
<b>Figura 49</b> Gráfico de Resistencias a la compresión $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> vs Edad del concreto .....	134
<b>Figura 50</b> Gráfico de Resistencias a la compresión $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> vs edad del concreto.....	135



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Cantidad total de muestras de concreto a elaborar.....	58
<b>Tabla 2</b> Valores corregidos por m <sup>3</sup> de diseño .....	86
<b>Tabla 3</b> Proporciones por tanda de bolsa.....	87
<b>Tabla 4</b> Dosificación de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , método ACI 211 .....	87
<b>Tabla 5</b> Dosificación de Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , método ACI 211 .....	88
<b>Tabla 6</b> Resistencia a la compresión del concreto + incorporador de aire .....	89
<b>Tabla 7</b> Diseño de mezclas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para grupos de prueba.....	91
<b>Tabla 8</b> Diseño de mezclas $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para grupos de prueba.....	92
<b>Tabla 9</b> Pruebas Estadísticas de acuerdo al tipo de Variable .....	114
<b>Tabla 10</b> Dosificación adecuada de aditivo incorporador de aire Sika Aer para Concretos durables .....	120
<b>Tabla 11</b> Dosificación adecuada de aditivo superplastificante Sikament 306 para Concretos durables .....	121
<b>Tabla 12</b> Resultado de Dosificaciones adecuadas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	121
<b>Tabla 13</b> Resultado de Dosificaciones adecuadas $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	122
<b>Tabla 14</b> Resumen del asentamiento para diseño de mezcla $210 \text{ kg/cm}^2$ .....	124
<b>Tabla 15</b> Resumen del asentamiento para diseño de mezcla $280 \text{ kg/cm}^2$ .....	125
<b>Tabla 16</b> Resumen Peso Unitario para diseño $210 \text{ kg/cm}^2$ .....	127
<b>Tabla 17</b> Resumen Peso Unitario para diseño $280 \text{ kg/cm}^2$ .....	128
<b>Tabla 18</b> Contenido de Aire para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	131
<b>Tabla 19</b> Contenido de Aire para $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ .....	132
<b>Tabla 20</b> Promedio de Resistencias a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	134
<b>Tabla 21</b> Promedio de Resistencias a la compresión $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	135



## RESUMEN

Juliaca está situada a una altura de 3.825 m.s.n.m. El prolongado período de frío que sufre nuestra ciudad de abril a agosto afecta negativamente la longevidad del hormigón fabricado para esta zona.

Examinar y desarrollar una combinación de concreto que posea la cualidad de "Durabilidad" y posea resistencias a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> fue el propósito de este trabajo de investigación. Con el clima frío que prevalece en la ciudad de Juliaca, esta mezcla fue diseñada para ser capaz de soportar las condiciones. Para lograr este objetivo, sería necesario incorporar a la mezcla aditivos que combinen aire y superplastificantes.

En el curso de esta investigación, se utilizó un diseño de investigación cuasi-experimental, que reunía aspectos de las metodologías de investigación correlacional y explicativa. El método de recogida de datos que se utilizó fue la observación experimental, y el equipo que se utilizó fueron listas de comprobación o listas de control.

Para la construcción del asentamiento se utilizó material de concreto con resistencias mecánica de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. La producción del concreto se realizó en la localidad de Juliaca. Estas muestras de concreto han sido sometidas a temperaturas que suelen considerarse bajas. En total se incluyen cuarenta y ocho núcleos o probetas de hormigón con resistencias a la compresión que oscilan entre 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>. Además, en la construcción de este proyecto se utilizaron minerales de la cantera de Yocará. También se utilizó cemento Portland tipo IP. Con la ayuda de las probetas que se fabricaron, se formaron cuatro grupos de control distintos. Para comprobar las cualidades de los grupos tanto en estado fresco (asentamiento, peso unitario y contenido de aire) como en estado endurecido (resistencia a la compresión), así como sus características en ambas etapas, se realizaron ciclos de congelación-descongelación en los grupos.



Al final, fue posible producir un hormigón duradero, capaz de soportar temperaturas bajo cero y con resistencias mecánicas de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El uso de aditivos aireantes en una proporción de 0,06% y 0,07% del peso total del cemento fue el método que se utilizó en Juliaca para lograr el resultado previsto. Además, se utilizaron superplastificantes en un porcentaje de 0,8% y 1,1%, respectivamente, en el proceso de producción. Las muestras de concreto tuvieron valores de compresión de 107% y 109%, respectivamente, mientras que el contenido de aire del concreto fue de 5,5% en ambos casos. Se midió la resistencia a la compresión de las muestras de hormigón. Este conjunto de valores se ajustaba a las normas establecidas.

**Palabras Clave:** Durabilidad, Temperatura, Aditivos, Asentamiento, Resistencia.



## ABSTRACT

Juliaca is located at an altitude of 3,825 meters above sea level. The prolonged period of cold weather in our city from April to August negatively affects the longevity of concrete manufactured for this area.

To examine and develop a concrete mix that possesses the quality of "Durability" and has compressive strengths of 210 kg/cm<sup>2</sup> and 280 kg/cm<sup>2</sup> was the purpose of this research work. With the cold climate prevailing in the city of Juliaca, this mix was designed to be able to withstand the conditions. To achieve this objective, it would be necessary to incorporate additives that combine air and superplasticizers into the mix.

In the course of this research, a quasi-experimental research design was used, bringing together aspects of correlational and explanatory research methodologies. The method of data collection used was experimental observation, and the equipment used was checklists or checklists.

Concrete material with compressive strengths of 210 kg/cm<sup>2</sup> and 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectively, was used for the construction of the settlement. The concrete was produced in the city of Juliaca. These concrete samples have been subjected to temperatures that are generally considered low. A total of forty-eight concrete cores or specimens with compressive strengths ranging from 210 kg/cm<sup>2</sup> to 280 kg/cm<sup>2</sup> are included. In addition, minerals from the Yocará quarry were used in the construction of this project. Portland cement type IP was also used. With the help of the specimens that were manufactured, four different control groups were formed. In order to test the qualities of the groups both in the fresh state (slump, unit weight and air content) and in the hardened state (compressive strength), as well as their characteristics in both stages, freeze-thaw cycles were performed on the groups.

In the end, it was possible to produce a durable concrete, capable of withstanding sub-



zero temperatures and with compressive strengths of 210 kg/cm<sup>2</sup> and 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. The use of aerating admixtures in a proportion of 0.06% and 0.07% of the total weight of cement was the method used in Juliaca to achieve the expected result. In addition, superplasticizers were used at a percentage of 0.8% and 1.1%, respectively, in the production process. The concrete samples had compression values of 107% and 109%, respectively, while the air content of the concrete was 5.5% in both cases. The compressive strength of the concrete samples was measured. This set of values conformed to the standards set forth in ACI 201.2R.

**Keywords:** Durability, Temperature, Additives, Settling, Resistance.



## INTRODUCCIÓN

La capacidad del hormigón para resistir diversas formas de deterioro, como la abrasión, la intemperie, el ataque químico y otras formas de deterioro, se denomina durabilidad. Un hormigón excepcionalmente robusto es capaz de mantener su forma, calidad y funcionamiento originales incluso después de haber estado expuesto a los elementos ambientales. (Comité 201 del ACI, página 2 del año 2000).

En los últimos años, se ha demostrado que cuanto mayor sea la capacidad del hormigón para soportar circunstancias físicas y químicas desfavorables, incluidas las temperaturas frías, más tiempo seguirá siendo funcional.

La degradación del hormigón puede atribuirse ocasionalmente a ciclos recurrentes de congelación y descongelación, que frecuentemente dan lugar a complicaciones estructurales en las tierras altas andinas de las regiones de bajas temperaturas del Perú. Estos ciclos reducen la vida útil esperada de las construcciones. El diseño del hormigón debe guiarse por consideraciones de resistencia y durabilidad frente a exposiciones ambientales, como las heladas, para garantizar que los edificios conserven sus necesidades de servicios fundamentales, incluidas la seguridad, la funcionalidad y la estética.

Las cualidades físicas y mecánicas del hormigón han sido objeto de numerosas investigaciones a lo largo de las cuatro décadas transcurridas desde su creación. La aplicación de aditivos flexibles es un ejemplo de avance tecnológico en el sector de la construcción industrial. El desarrollo de estos aditivos fue motivado por la necesidad de disminuir los efectos negativos causados por los ciclos de congelación y descongelación. Cuando se utilizan conjuntamente dos o más de estos aditivos, es posible producir un hormigón excepcionalmente resistente a los daños. Resistente y duradero.



## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Exposición de la situación problemática

Perú tiene una amplia gama de variaciones climáticas, lo que resulta en distintas circunstancias laborales según la región. En consecuencia, se deben abordar desafíos especiales en cada lugar donde se realiza el trabajo, como el desarrollo de estructuras de concreto duraderas.

Juliaca está situada a una altura de 3.825 m.s.n.m., experimentando temperaturas promedio que oscilan entre 18,8 °C y -7,8 °C. En nuestra ciudad se producen heladas de abril a agosto, con temperaturas nocturnas que bajan a una media de -10°C y diurnas que suben a una media de 20°C. Estos meses también son testigos de ciclos de congelación y descongelación, que provocan cambios bruscos de temperatura. Como resultado, el hormigón convencional expuesto a este clima tiende a tener una vida útil reducida en comparación con su diseño previsto.

Dado el impacto significativo de las bajas temperaturas en la producción de concreto, es crucial diseñar concreto que tenga durabilidad y alta resistencia.

Para controlar eficazmente estos parámetros es necesario realizar una cuidadosa planificación previa a la obra, un seguimiento y evaluación continuos de la formulación y dosificación, y el uso de los aditivos y cementos más adecuados.

La falta de un diseño de "durabilidad" claramente definido se ha observado en los esfuerzos realizados por los gobiernos regionales. Este diseño debe ser resistente



a los ciclos de hielo-deshielo y a las bajas temperaturas que experimentan las construcciones de hormigón en invierno. En consecuencia, las citadas estructuras sufren una degradación prolongada, que culmina con una reducción de su vida operativa y de sus periodos de servicio.

## 1.2. Planteamiento del problema

### 1.2.1. Problema general

En la ciudad de Juliaca, ¿qué tipo de durabilidad podemos esperar del concreto que ha sido tratado a bajas temperaturas y al mismo tiempo se utiliza un aditivo inclusor de aire y un superplastificante?

### 1.2.2. Problemas específicos

1. En la ciudad de Juliaca, ¿qué tipo de durabilidad podemos esperar del concreto que ha sido tratado a bajas temperaturas y al mismo tiempo se utiliza un aditivo inclusor de aire y un superplastificante?
2. ¿Cuál es la combinación exacta de aditivo inclusor de aire y superplastificante que se debe incluir durante la fase de diseño del concreto para garantizar su durabilidad?
3. ¿Qué impacto tiene la adición de un aditivo inclusor de aire y un superplastificante al concreto que ha sido sometido a bajas temperaturas en sus propiedades frescas?

## 1.3. Justificación del estudio

### 1.3.1. Justificación Técnica

Debido a nuestra ubicación en Puno, particularmente en la localidad de Juliaca, nos ubicamos a una altura superior a los 3,800 m.s.n.m. Como resultado, el entorno en el que residimos es distinto y único. La presencia de fuertes heladas en invierno afecta en gran medida a la durabilidad del hormigón y también se producen importantes fluctuaciones de temperatura en un solo día. Esta es la razón por la cual se realizó esta investigación. La cualidad más destacable del hormigón es que es un material muy resistente a los daños; sin embargo, es



susceptible a los efectos que le provoca el ambiente al que está expuesto. La capacidad de servicio y funcionalidad de las estructuras de hormigón se reduce como consecuencia de la continua degradación que provocan los agentes ambientales en su interior.

Teniendo esto en cuenta, el propósito de este estudio es desarrollar una composición de hormigón que sea "duradera" mediante la integración de aditivos aireantes y superplastificantes que sean capaces de sobrevivir a condiciones ambientales adversas. Además de ser capaz de funcionar bien en este duro entorno, el hormigón en cuestión también es capaz de cumplir con los requisitos establecidos en ACI 201.2R, que es un documento que trata de los criterios de diseño.

### **1.3.2. Justificación Económica**

Cuando se considera la fabricación de hormigón en climas fríos, es vital conseguir suficiente durabilidad y alta resistencia, sin descuidar la economía; esto se debe a que existen diversos aspectos que impactan la fabricación de concreto en climas fríos. La incorporación de aditivos aireantes y superplastificantes en el diseño del hormigón no se traduce en un beneficio económico significativo; sin embargo, sí da lugar a la construcción de estructuras que tienen una vida útil más larga y requieren un mantenimiento menos frecuente y costoso, lo que supone una ganancia para la economía. Los resultados obtenidos con el hormigón estándar contrastan con los obtenidos con el hormigón que tiene un futuro más largo.

### **1.3.3. Justificación Social**

El diseño del hormigón duradero será de gran ayuda para los expertos que trabajan en el sector de la construcción, así como para quienes se dedican a la producción de edificios robustos, duraderos y estandarizados en el duro entorno urbano de la localidad de Juliaca.



## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. *Objetivo General*

Construir y analizar concreto que ha sido sometido a bajas temperaturas en la ciudad de Juliaca, utilizando aditivos inclusores de aire y superplastificante. Es necesario diseñar hormigón para que sea duradero.

### 1.4.2. *Objetivos Específicos*

1. Determinar con precisión las cantidades necesarias de aditivos inclusores de aire y superplastificantes es crucial para crear un hormigón que mantenga su durabilidad en temperaturas frías.
2. Evaluar la resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días después de la incorporación de aditivos inclusores de aire y superplastificantes.
3. Lleve a cabo un análisis exhaustivo de las propiedades del hormigón recientemente combinado, incluido su asentamiento, peso unitario, contenido de aire, presencia de productos químicos inclusores de aire y la inclusión de superplastificantes.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. *Hipótesis General*

Al utilizar aditivos inclusores de aire y superplastificantes en cantidades de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, el hormigón tradicional puede experimentar un aumento del 8% en la resistencia a la compresión y una disminución del 6% en el contenido de aire con un tratamiento a baja temperatura. Mejora la resiliencia del hormigón sometido a temperaturas reducidas. El cumplimiento de los criterios ACI 201.2R es necesario para garantizar la durabilidad del concreto durante un período prolongado de tiempo.



## 1.5.2. Hipótesis Específicas

1. Para fabricar hormigón duradero, es necesario utilizar una dosis de 0,05% de aditivo inclusor de aire y 0,8% de superplastificante según el peso del cemento. Ambos diseños de concreto tienen esta característica, con  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>. Merecidamente.
2. La adición de aditivos al hormigón expuesto a un tratamiento a baja temperatura da como resultado una mejora del 8% en su resistencia a la compresión. Esto contrasta con el hormigón tradicional y el hormigón que se ha mezclado con aditivos aireantes y posteriormente se ha expuesto a las bajas temperaturas posteriores. El uso de productos químicos aireantes y superplastificantes durante el proceso de elaboración del concreto es positivo.
3. La adición de un aditivo aireante y un superplastificante a la mezcla de hormigón de baja temperatura recién tratado ofrece los siguientes beneficios: El combado de este concreto es de cuatro pulgadas, mientras que su contenido de aire es del seis por ciento y su El peso unitario es del ochenta por ciento.

## 1.6. Variables

### 1.6.1. Variable Independiente

Diseño de Concreto por Durabilidad

1. Material Cemento
2. Agua
3. Materiales Agregados (fino y grueso)
4. Aditivos (incorporador de aire y superplastificante)

### 1.6.2. Variable Dependiente

- a) Características de concreto en estado Fresco.
  1. Propiedad de Asentamiento
  2. Peso Especifico



3. Contenido de Aire

b) Características del concreto en estado endurecido

- Resistencia mecánica del hormigón a los 7, 14 y 28 días.

1.6.3. Variable Interviniente

- La temperatura a la que estará expuesto el hormigón durante el proceso de tratamiento.

1.6.4. Operacionalización de variables

VARIABLE	INDICADOR	MEDICIÓN	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN
<b>Variable Independiente:</b>	Relación agua cemento (a/c)	-	Observación
• Cemento			
• Agua	- Tamaño máximo nominal.	Pulg.	
• Agregados(fino y grueso)	- Absorción	%	Observación
	- Contenido de Humedad	%	
	- Módulo de Fineza	-	
• aditivos	Dosificación de Aditivos incorporador de aire y superplastificante	% peso del Cemento	Observación
<b>Variable Dependiente: Características del concreto En estado Fresco</b>	• Asentamiento	Pulg	Observación
	• Peso Unitario	Kg/m <sup>3</sup>	Observación
	• Contenido de Aire	%	Observación
<b>Variable Dependiente: Características del Concreto en estado endurecido</b>	Resistencia a la compresión (7, 14, 28 días)	Kg/cm <sup>2</sup>	Observación
<b>Variable Interviniente: Temperatura a la que será sometida el Concreto</b>	Temperatura	C°	Observación



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Al-Assadi et al. (2009) informaron en su artículo académico "Evaluación del deterioro del hormigón sujeto a ciclos de congelación-descongelación" que los ciclos de congelación-descongelación contribuyen significativamente al deterioro del hormigón en climas fríos. El hormigón pasa por un ciclo de descongelación y congelación que provoca cambios en sus tensiones y dimensiones internas. Estos cambios pueden provocar una disminución de la resistencia del material. Con la ayuda de este estudio, esperamos determinar si existe o no una relación entre la cantidad de hormigón que se utiliza, las condiciones en las que se cura y el alcance de los daños que provocan los ciclos de congelación y descongelación. Mediante la utilización de datos de velocidad ultrasónica, el estudio se centra en la evaluación de la degradación de muestras de hormigón. Además de la evaluación de los parámetros mecánicos antes y después de los ciclos, el análisis abarca una comparación de la variación de longitud y la reducción de peso. Al predecir con precisión el deterioro del hormigón provocado por los ciclos de congelación y descongelación, las mediciones ultrasónicas permiten detectar variaciones en la longitud y la pérdida de peso. Esta conclusión se puede sacar de los datos adquiridos.



El objetivo de la tesis, como se indica en el libro «Diseño de concreto para durabilidad en la sierra peruana utilizando cemento IP y aditivo de incorporación de aire, plastificante y acelerador de fraguado» (ARCOS, 2015), es el siguiente en cuanto al diseño del concreto:

Realizar análisis e investigaciones integrales para generar diseños de durabilidad precisos, teniendo en cuenta los criterios y condiciones proporcionados (por ejemplo, límites de asentamiento de  $4 \pm 1$ " y contenido de aire de  $5 \pm 1\%$ ); Para calcular la resistencia mecánica de 276 muestras de concreto (briquetas) 7, 14 y 28 días después de la producción, realicé investigaciones de laboratorio y de campo del proceso de curado. Además, se realizaron investigaciones en las muestras de hormigón para determinar su resistencia mecánica. Como resultado de mi investigación llegué a la siguiente conclusión: el cemento del tipo IP, junto con aditivos aceleradores del fraguado, plastificantes e incorporadores de aire, puede utilizarse para producir un hormigón más duradero. Esto puede lograrse alcanzando las condiciones que se han dado.

Las proporciones óptimas, expresadas como porcentaje del peso de cemento, para producir hormigón de larga duración son las siguientes: Los porcentajes de Sika Aer utilizados fueron 0,038%, 0,058%, 0,056% y 0,057%. Los porcentajes de Sikament 306 utilizados fueron 0,80%, 0,80%, 1,00% y 1,00%. Los porcentajes de Sika Rapid 1 utilizados fueron 1,50%, 1,50%, 1,80% y 1,80%. Las proporciones antes mencionadas se aplicaron a relaciones cemento/agua de 0,40, 0,50, 0,45 y 0,55, respectivamente.

Una tesis titulada "Características del concreto con aditivos acelerantes y aireantes y C.P.T.I. fabricados en la ciudad de Huancayo" (Cuba, 2001) estableció como propósito examinar las propiedades del concreto tanto fresco como solidificado producido en esa localidad. Dadas las condiciones climáticas características del sitio



y su elevación de 3.250 m.s.n.m., es imperativo que el concreto posea la resistencia suficiente para soportar el entorno del sitio. La investigación abarcó el desarrollo de mezclas de hormigón sin aditivos. Para preparar las formulaciones de concreto, se incorporaron aditivos, concretamente un incorporador de aire y un acelerador de fraguado, en tres proporciones distintas de cemento a agua (0,40, 0,45 y 0,5). Posteriormente se analizaron las similitudes y distinciones entre estas composiciones. A los 1, 7 y 14 días de edad se calculó que la resistencia mecánica del concreto que contenía acelerador de fraguado y aditivos de incorporación de aire (\*) fue mayor que la del concreto sin aditivos. El día inicial del experimento, se generaron valores de 113,1%, 170% y 139,1%, respectivamente, con relaciones agua-cemento de 0,40, 0,45% y 0,50. Se observó al séptimo día que las relaciones agua-cemento que denotan los siguientes valores (127,4%, 130,5% y 120,1%) tenían los valores correspondientes. El día catorce se alcanzaron valores de 112,9%, 106,1% y 112,7%. Los valores antes mencionados representan relaciones agua-cemento de 0,40, 0,45% y 0,50, en ese orden.

Este es el título de la tesis que han desarrollado Cruzado y Rivera (2019). Se llama «Influencia de los tipos de arrastre de aire en el asentamiento, aire total, absorción, peso unitario y compresión del hormigón a bajas temperaturas.» Cruzado y Rivera fueron quienes idearon esta tesis. Esta tesis ofrece una explicación condensada de los hechos y conclusiones que se obtuvieron de los estudios de investigación.

Ya es sabido que los ciclos de congelación-descongelación que tienen lugar en entornos con temperaturas inferiores a 5 grados centígrados tienen un impacto significativo en la estructura interna del hormigón, lo que puede dar lugar a la producción de grietas y fracturas superficiales. La introducción de diversas esferas de aire en el hormigón ha dado lugar a una reducción del deterioro de la resistencia que provocan estos ciclos, así como a una mejora de la durabilidad de las estructuras de



hormigón. Este estudio explora los efectos del arrastre de aire en hormigones que han sido sometidos a ciclos de hielo-deshielo mediante la introducción de los aditivos SikaAer y Air Mix 200. Se presta especial atención a los impactos del arrastre de aire. En este estudio también se investiga el arrastre de aire. Las principales áreas de interés de la prueba incluyen la compresión del hormigón, el peso unitario, la absorción, la densidad, el pandeo y el contenido total de aire. Determinar la proporción ideal de inclusión de aire para cada tipo de hormigón era uno de los principales objetivos del estudio. Con ello se pretendía reducir el deterioro de la resistencia del hormigón en tiempo de heladas. Para ello, se analizaron concentraciones de aditivos del 0% (estándar), 0,04%, 0,08%, 0,12%, 0,16%, 0,20%, 0,24% y 0,28%. Las materias primas utilizadas en el proceso de construcción fueron cemento Pacasmayo tipo I, agregado fino con un módulo de finura de 2.6 y agregado grueso con un tamaño nominal máximo de media pulgada. Para evaluar las propiedades de conformación y compresión del hormigón se utilizaron diez láminas de veinte centímetros de espesor. Se utilizaron muestras cilíndricas. El contenido de aire se determinó de acuerdo con las pautas especificadas en ASTM C173. La absorción y el peso unitario se evaluaron utilizando ASTM C642. Las muestras de concreto se evaluaron a los tres años, siete años y veintiocho días. ciclos de congelación-descongelación a los que fueron sometidas estas muestras, fue necesario colocarlas en un congelador en un rango de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Las muestras fueron sometidas a una sesión de congelación diaria con una duración de 12 horas para poder replicarse. Para lograr la mejor resistencia posible al hielo y al deshielo en el hormigón, las muestras se colocaron en la piscina de curado una vez completado el ciclo de enfriamiento y deshielo. La piscina de curado se mantuvo a una temperatura de veinte grados Celsius durante las horas restantes de cada día. Además, se requirió incorporar a los ciclos de ambas marcas un aditivo inclusor de aire con una concentración de 0,04%. En comparación con las muestras que no contienen ningún aditivo, que experimentan una reducción de resistencia del 19%, la adición de Air Mix 200 y SikaAer da como resultado una pérdida de resistencia



reducida del 12% y 10%, respectivamente. Las dos marcas tienen una caída de 3 1/8 pulgadas, mientras que sus contenidos de aire son 2,6% y 2,8% respectivamente, sus capacidades de absorción son 3,1% y 3,2% y sus valores unitarios de peso son 2278 y 2273 kg/m<sup>3</sup>. respectivamente. (En la página 6 de la publicación de Cruzado y Rivera de 2019)

El trabajo de investigación realizado por Nuñez y Mamani (2018) investigó el impacto de los aditivos inclusor de aire y el polipropileno en las propiedades del concreto. El hormigón en cuestión había estado expuesto a circunstancias frías en una región montañosa en el año 2017 y tenía una resistencia mecánica de 210 kg/cm<sup>2</sup>. En pocas palabras, el propósito del estudio fue investigar el impacto que tienen los ciclos de enfriamiento en las características del concreto que tiene una resistencia mecánica de 210 kg/cm<sup>2</sup> (f'c). Se realizó una investigación de la resistencia mecánica, resistencia a la flexión y trabajabilidad del concreto en la región del Altiplano en el año 2017. Esta investigación se realizó en el año 2017. Para aprender sobre el concreto, estos componentes son absolutamente necesarios. Dentro del alcance de esta investigación, la variable independiente consistió en la integración de polipropileno a diferentes densidades (0,6 kg/m<sup>3</sup>, 1,2 kg/m<sup>3</sup>, 1,8 kg/m<sup>3</sup> y 2,4 kg/m<sup>3</sup>) en conjunto con un adyuvante de incorporación de aire en un volumen de 204,3 ml/m<sup>3</sup>. Esto se hizo en todos los grupos experimentales. Se determinó que el diseño de la mezcla debía realizarse utilizando la metodología especificada por el Comité 211 del Instituto Americano del Hormigón. Debido a que se consideró adecuada para la investigación que se estaba llevando a cabo, se dio esta circunstancia. Después de un período de siete días, la resistencia máxima a la compresión que se produjo fue de 183,57 kg/m<sup>2</sup>, lo que representa un aumento del 31,43% en comparación con el rendimiento del grupo de control. Se combinó polipropileno en una concentración de 2,4 kilogramos por metro cúbico con 204,3 mililitros por metro cúbico de un adyuvante inclusor de aire para obtener el aumento de volumen observado. La resistencia



mecánica alcanzó 216,10 kg/m<sup>2</sup> después de catorce días, lo que demuestra un aumento adicional del 12,56% con respecto a la estimación anterior. Esto se logró utilizando una dosis de 0,6 kilogramos por metro cúbico de polipropileno y 204,3 mililitros por metro cúbico del aditivo de arrastre de aire. La resistencia mecánica finalmente alcanzó 226,44 kg/m<sup>2</sup> después de veintiocho días, lo que supone un aumento del 6,34%. Esto refleja el resultado final. Para lograr esta mejora se utilizó una dosis de 2,4 kilogramos por metro cúbico de polipropileno y 204,3 mililitros por metro cúbico de aditivo inductor de aire. Después de siete días de ciclos de congelación, la mayor resistencia mecánica que se puede producir es de 170,88 kg/cm<sup>2</sup>, lo que supone un aumento global del 50,09 por ciento. Para lograr este resultado se utilizó una dosis de 2,4 kilogramos por metro cúbico de polipropileno y 204,3 mililitros por metro cúbico de aditivo inductor de aire. Al añadir 0,6 kg/m<sup>3</sup> de polipropileno y 204,3 ml/m<sup>3</sup> de aditivo de incorporación de aire, se incrementa el peso del material en un 48,07% en un plazo de catorce días (14), resultando un peso total de 213,69 kg/m<sup>2</sup> para el material. Al cabo de veintiocho días (28), el peso aumenta un 9,58% hasta 218,19 kg/m<sup>2</sup> manteniendo la misma dosificación de polipropileno y aditivo de incorporación de aire. Esto ocurre a pesar de que el período del experimento es igual. En 2018 se publicó el trabajo de Núñez y Mamani, especialmente en las páginas 16-17. La cita de este material se puede encontrar en esa publicación.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. El Concreto

Conocido como hormigón, que en ocasiones también se denomina cemento, está compuesto por varios componentes diferentes. Estos componentes incluyen un agente aglutinante conocido como cemento portland hidráulico, rellenos conocidos como agregados, agua y ocasionalmente otros productos químicos. Una vez completado el proceso de solidificación, sufre una transformación hasta convertirse en una entidad compacta que, después de

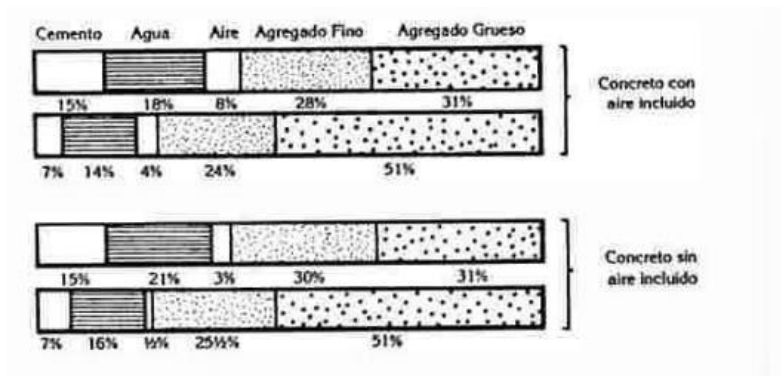
un período de tiempo, es capaz de soportar importantes grados de compresión. (Sánchez, 2001, página 22).

### 2.2.2. Composición del Concreto

Basado en la definición precisa. La Figura 1 proporciona una descripción concisa de los volúmenes relativos de los distintos componentes del artículo. Esta información proporciona información sobre cómo las cualidades y funciones de varios elementos influyen en la masa total. Además, ayuda a establecer definiciones precisas de términos de uso frecuente. (Sánchez, 2001, página 22).

**Figura N° 1**

*Componentes del Concreto*



Nota: (Sánchez, 2001)

#### 2.2.2.1. Cemento Portland

##### 1. Definición

El cemento, en su definición más general, se refiere a una sustancia que tiene capacidades tanto adhesivas como de cohesión, lo que le permite unir piezas minerales y crear una estructura sólida, suficientemente fuerte y duradera. Esta descripción abarca no sólo los cementos en sí, sino también una amplia gama de ingredientes cementantes, incluidos la cal, el



asfalto y el alquitrán. Cuando se trata del sector de la construcción, y más concretamente de la producción de hormigón estructural, con el uso del cemento Portland. Como resultado de una reacción química, esta variedad particular de cemento es capaz de volverse más sólida y rígida cuando se expone al agua. La hidratación, que engloba el proceso de combinar agua con compuestos específicos con el fin de producir una masa sólida, es el proceso que da origen al término alternativo de cementos hidráulicos. En la página 22.

## **2. Tipos de Cemento. Según Rivva (2000)**

En Perú sólo se utilizan cementos Portland especificados en ASTM C 150 o cementos mezclados definidos en ASTM C 595.

Los cementos típicos se clasifican en cinco grupos separados, cada uno de los cuales debe cumplir ciertos criterios de producción, según lo estipulado por las normas establecidas por ASTM C 150.

La inclusión de puzolana, que generalmente representa entre el 15 y el 40 por ciento del peso total, es lo que diferencia al cemento IP de otras variedades de cemento. El cemento IP es un tipo de cemento donde está presente puzolana.

Si el contenido de puzolana del cemento IPM es inferior al 15% en peso, se considera un tipo de cemento que se utiliza en la industria de la construcción.

La sustancia conocida como cemento IS es un material compuesto que está compuesto de cemento y escoria de alto horno. En términos del peso total del material, el componente de escoria representa entre el 25 y el 75 por ciento.



## 2.2.2.2. Agregados

### 1. Definición

Las partículas granulares que se pueden encontrar en la naturaleza o creadas por los humanos se conocen como agregados. Los agregados también se conocen comúnmente como materiales inertes. Hormigón es el nombre que recibe el material cohesivo que toma forma como resultado de la combinación de estos componentes con cemento Portland y agua. Hormigón es otro término para el material conocido como hormigón.

Los áridos son los materiales utilizados en la fabricación del hormigón. Estos materiales deben tener suficiente resistencia inherente (resistencia de grano) y no deben modificar ni afectar el carácter y los atributos del concreto. Cuando se usan junto con pasta, también ofrecen una cantidad satisfactoria de adhesión.

Cemento Portland mejorado que ha sido sometido a un procedimiento para aumentar su fuerza y resistencia. Normalmente, la mayoría de los elementos utilizados en el hormigón son inertes, lo que indica que no sufren reacciones químicas con otros componentes, especialmente el cemento. Sin embargo, algunos materiales incluyen un tamaño de partícula más pequeño que tiene características hidráulicas, que ayudan a mejorar la resistencia estructural del hormigón. Algunos ejemplos de materiales que pueden usarse son escoria de alto horno obtenida de acerías, rocas volcánicas que incluyen sílice activa y ladrillos rotos. Por otro lado, existen algunos compuestos que tienen el potencial de tener impactos negativos o posiblemente dañinos en la durabilidad permanente del concreto, así como en



su composición interna. Los compuestos de azufre, las pequeñas partículas de polvo y el esquisto que se encuentra en estado de descomposición latente son ejemplos de cosas que entran en esta categoría específica. Página 65.

## **2. Características Físicas de los Agregados. Según Pasquel (1993)**

afirma lo siguiente:

El término «granulometría», que a menudo se utiliza para referirse a la «gradación», describe las propiedades de los áridos, como su densidad, resistencia, porosidad y dispersión de partículas. Todas estas características juegan un papel importante en los agregados. Para evaluar estas características se utilizan pruebas estandarizadas, que implican medirlas y compararlas con valores de referencia que ya se conocen. Además, estas métricas se utilizan en el proceso de construcción de combinaciones. La evaluación de estos requisitos es necesaria para lograr una comprensión profunda de las ideas asociadas con las particularidades físicas de los agregados y las representaciones numéricas de esos atributos. páginas 72.

## **3. Análisis Granulométrico**

"Granulometría" es la palabra que se utiliza para referirse al tamaño distribuido de partículas dentro de una cantidad de agregado. Para lograr esto, se utiliza un proceso mecánico, que implica el uso de tamices que tienen aberturas cuadradas y que están adecuadamente calibradas para separar la sustancia. Entre el sesenta y cinco y el ochenta por ciento del volumen total de la unidad de hormigón está formado por áridos. Para lograr la



máxima densidad en las mezclas, la granulometría que se seleccione tanto para los áridos finos como para los gruesos debe ser capaz de hacerlo, garantizando además unas adecuadas características de trabajabilidad y acabado del hormigón fresco. Además, debería dar lugar a las propiedades deseadas en el hormigón endurecido debido a su importante papel en el volumen de la mezcla. La cita "Rivva, 2000, p. 162" se refiere a una fuente que se puede encontrar en la página 162 del libro escrito por Rivva en el año 2000.

Esto nos permite ver la distribución acumulada de los datos que hemos obtenido, que se muestra visualmente en un sistema de coordenadas semilogarítmico. Cuando se intenta definir la distribución granulométrica de agregados que tienen gravedades específicas iguales entre sí, la granulometría de la mezcla permanece esencialmente idéntica independientemente de si la mezcla se evalúa en términos de peso o de volumen absoluto. Pero cuando se trabaja con agregados que tienen gravedades particulares que varían bastante entre sí, es fundamental tener en cuenta los siguientes puntos: La distribución volumétrica es un componente esencial en la producción de concreto, y la conversión a volumen absoluto ofrece una estimación precisa. Imagen de esta distribución. Los tamices estándar de ASTM para concreto son únicos porque comienzan con un tamiz de abertura cuadrada de 3" y cada tamiz posterior tiene una abertura que es la mitad del tamaño del anterior (Pasquel, 1993, p. 90).

#### 4. Módulo de Fineza. Según Rivva (2000):

El módulo de finura es una medida cuantitativa del tamaño medio de las partículas del árido. Se utiliza en el contexto de los



agregados dentro del contexto de los agregados. Este término hace referencia a los porcentajes totales que se derivaron de mallas con un tamaño de 3 pulgadas, que incluye los tamaños 1 1/2 pies, 3/4 pulgadas, 3/8 pulgadas, No. 4, N2 8, No. 16, No. 30, No. 50 y N2 100, y luego se divide por 100. La formación de un módulo de finura distinto puede lograrse mediante una amplia variedad de tamaños de grano, que pueden incluir agregados finos y gruesos, o mediante una combinación. de estos dos tipos de agregados. El principal inconveniente de usar este componente es su papel como indicador de control de la consistencia del material (p. 163).

## **5. Agregado Fino. Según Rivva (2000)**

Según la Norma C 33 del Programa Técnico Nacional (NTP) o de la ASTM, el agregado fino tiene la capacidad de Pasar sin problemas por un tamiz con una malla de 9,4 milímetros. (tres octavos de pulgada). Un requisito adicional es que debe estar de acuerdo con las restricciones particulares descritas en la NTP. Página 179.

## **6. Agregado Grueso**

Los límites que se detallan en la Norma NTP, proporcionarán la base para el uso de un sistema de categorización de agregados. Con tamaños de malla que van desde N2 4 hasta N2 100, según la Serie Tyler, será posible producir una distribución consistente e ininterrumpida del tamaño de partícula deseado. Siguiendo las pautas que se detallan a continuación, es posible descubrir limitaciones agregadas:

La clasificación del agregado grueso está determinada por estas



especificaciones, las cuales se pueden encontrar ya sea en NTP 400.037 o ASTM C 33. ¡Ambos documentos están disponibles en línea! Es recomendable elegir una distribución granulométrica consistente que permita alcanzar la máxima densidad del concreto garantizando al mismo tiempo una trabajabilidad suficiente según las condiciones específicas de instalación. Mezcla. El tamaño de partícula elegido no debe exceder el 5% del agregado en la malla de 1 1/2", y tampoco debe exceder el 6% del agregado en la malla de 1 1/2". Cuando se emplean diferentes tamaños de agregado, este puede penetrar con una malla de 1/4". Para ser evaluado, cada componente individual, así como la combinación de esos componentes, debe satisfacer ciertos criterios.

Tenerlo en cuenta es realmente necesario.

- a. Es necesario establecer un tamaño de partícula promedio tanto para la instalación de producción como para la fuente a fin de mantener adecuadamente el control de calidad para una determinada condición. La granulometría debe entonces controlarse dentro de una tolerancia tolerable con respecto a esta media.
- b. Concluir. Es absolutamente necesario que el agregado se suministre en al menos dos tamaños distintos siempre que se use junto con agregado grueso que tenga dimensiones que correspondan a ASTM C 33 Nos. 357 o 467.

## 7. Tamaño Máximo

En la NTP 400.037 se establece que el tamaño máximo del árido



grueso viene determinado por el filtro más pequeño que sea capaz de pasar a través de una muestra de árido grueso. Esta es la norma que se utiliza la mayoría de las veces. En situaciones en las que se producen cambios significativos en el tamaño de las partículas, es posible que el tamaño máximo de las partículas más grandes tenga valores idénticos entre sí. Tanto las proporciones de la mezcla como la granulometría de los áridos deben tenerse en cuenta durante todo el procedimiento de selección.

## 8. Tamaño Máximo Nominal

Cuando se hace referencia al tamiz que es el más bajo de una serie y que da el retenido inicial, se utiliza la frase "tamaño nominal máximo" en el contexto de la Norma NTP. No se podrá superar el tamaño nominal máximo del árido ni ningún otro tamaño:

- a. Un quinto de la distancia total o un quinto de la distancia más corta, si es mayor, entre las caras del encofrado.
- b. al menos un tercio del peralte de las losas; cualquier otro
- c. la cantidad mínima de espacio libre que debe existir entre cualquier barra o alambre de refuerzo individual, haces de barras, tendones o conductos de pretensado; Cualquiera de estas opciones es aceptable.

### 2.2.2.3. Agua

#### 1. Definición.

Es un componente del hormigón que, cuando se combina con el cemento, desencadena procesos químicos que conducen al desarrollo de cualidades como el fraguado y el endurecimiento.

Esto permite la formación de un material sólido al combinarse con agregados. Página 57

## 2. Agua de Mezclado.

El volumen de agua que necesita el cemento en un metro de hormigón para formar una pasta adecuada para lubricar los áridos mientras la combinación aún es plástica se denomina "relación agua-cemento".

### 2.2.3. Propiedades del Concreto Fresco

#### 2.2.3.1. Trabajabilidad

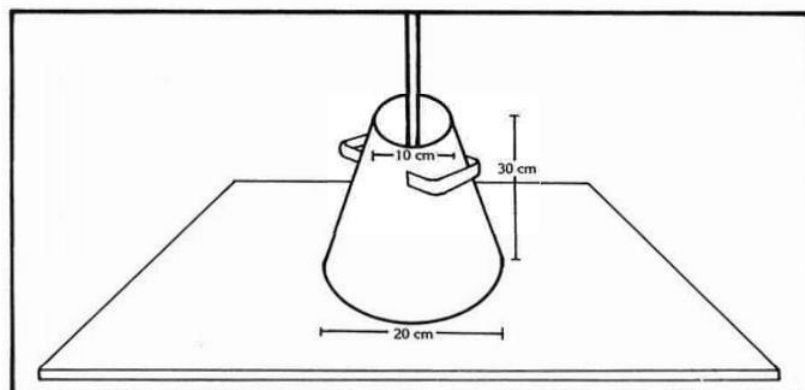
La trabajabilidad, o la capacidad del concreto para colocarse, consolidarse y terminarse sin segregación perjudicial, es un atributo crucial que determina su trabajabilidad. Página 111

Del mismo modo, Pasquel (1993) hace referencia a:

La evaluación de su eficacia depende en gran medida de la disponibilidad de recursos humanos o mecánicos en las diferentes etapas del proceso. Esto se debe a que la utilización y compactación óptimas del material pueden o no ser posibles bajo ciertas condiciones.

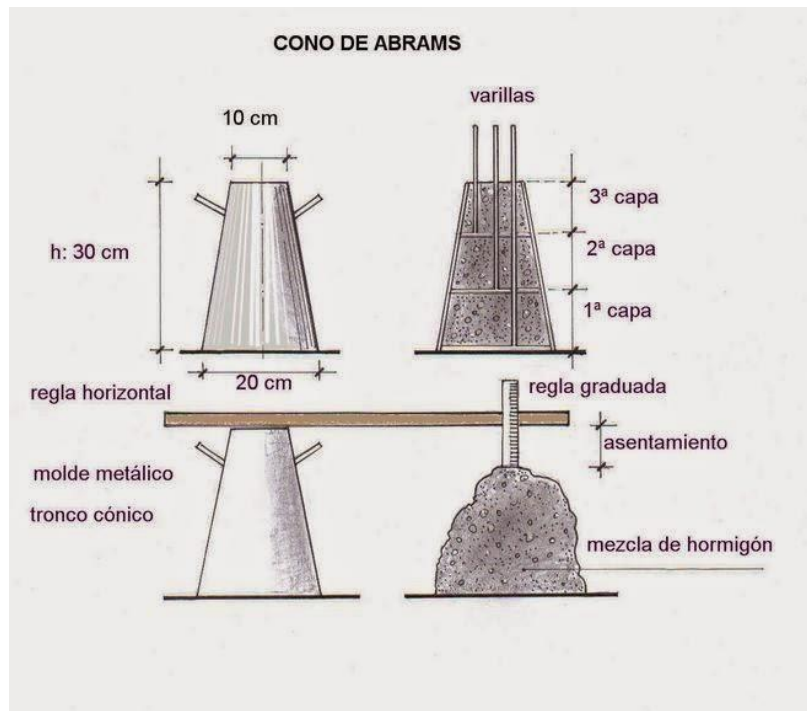
**Figura N° 2**

*Cono de Abrams*



Nota: (Sánchez, 2001).

Figura N° 3

*Ensayo de cono de Abrams*

Nota:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4377/03.pdf>

### 2.2.3.2. Consistencia

Consistencia es una frase alternativa utilizada para describir la condición plástica del concreto. Es importante señalar que, si bien la coherencia está relacionada con la trabajabilidad, no es sinónimo de ella. La consistencia, en términos amplios, se refiere al grado de fluidez o estabilidad de cualquier cosa. La condición plástica de una mezcla de hormigón se refiere a su grado de humedad, que determina su dureza (sequedad) o suavidad (fluidez) (pp. 111-112).

La segregación se refiere al proceso de separar los componentes de una mezcla heterogénea, como el hormigón, dando como resultado una distribución desigual debido a la falta de cohesión. Algunos de los factores que podrían crear segregación en el concreto incluyen variaciones en el tamaño y distribución de las partículas, así como diferencias en la densidad y el porcentaje de los ingredientes en la



mezcla. Los factores adicionales que están influenciados por el manejo y el posicionamiento incluyen una mezcla insuficiente, un transporte prolongado con exposición a vibraciones, una colocación inadecuada y una vibración excesiva durante la consolidación.

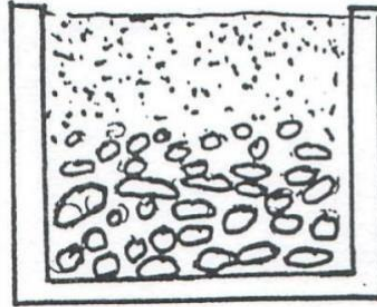
### 2.2.3.3. Segregación

La segregación puede ocurrir comúnmente de dos maneras: en primer lugar, por el desplazamiento de partículas gruesas en las pendientes de la mezcla colmada, o en segundo lugar, debido a la sedimentación diferencial de partículas gruesas en comparación con partículas finas causada por la gravedad. Generalmente son las mezclas secas y poco cohesivas las que presentan este fenómeno. La exclusión de la pasta de la mezcla es todavía otro tipo de segregación que se produce en mezclas húmedas y con pasta excesivamente diluida por sí sola. El cemento y el agua son los dos componentes que componen la pasta. Es vital manipular los componentes con precaución al probar diseños, monitorear la apariencia de la mezcla y erradicar por completo la segregación en la mezcla que se encuentra allí. La página 123.

La supuración, a veces conocida como sangrado, es otro término que se ha mencionado, pero aún no se ha investigado al respecto. Sangrado es el término utilizado para describir la proporción de agua de amasado que sube a la superficie del hormigón recién colocado. Este fenómeno tiene lugar durante el proceso de fraguado del hormigón. Como resultado del hecho de que no puede retener toda el agua que pueda estar presente durante el proceso de sedimentación, se considera una forma distinta de eliminación de partículas o sedimentación.

**Figura N° 4**

*El proceso de separación de una mezcla de hormigón.*



Nota: <http://tecnologia-concreto.blogspot.com/2016/07/semana-10>

#### **2.2.3.4. Exudación**

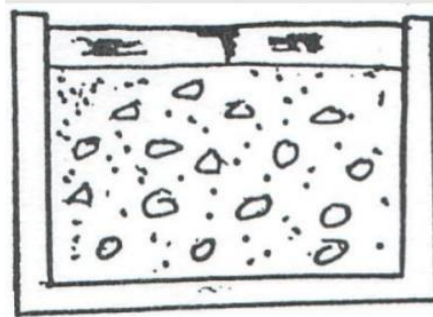
La cantidad de agua que transpira y la velocidad a la que llega a la superficie del hormigón están estrechamente relacionadas con el proceso de evaporación. Se formará una película si el ritmo de evaporación es más lento que el de exudación. Un aumento de la relación agua/cemento tras la incorporación de agua a la superficie produce una superficie porosa con una baja resistencia al desgaste. La aparición de grietas de contracción en los materiales plásticos es consecuencia de que la tasa de evaporación es superior a la de exudación.

De manera similar, cuando el nivel del agua sube, queda confinado cerca de las partículas de mayor densidad del árido y del acero de refuerzo, lo que finalmente conduce a la formación de zonas de menor adherencia. Del mismo modo, a medida que asciende, crea pequeños conductos capilares que mejoran la permeabilidad del hormigón. El sangrado del concreto, por otro lado, puede ser manejado mediante la utilización de aditivos inclusores de aire, cementos más finos y el manejo cuidadoso de la cantidad de material agregado fino. Como parte de la norma ASTM C232, la NTC-1294 proporciona una descripción del enfoque que se utiliza para cuantificar

los tratamientos de sangrado del hormigón. Las páginas a las que se hace referencia son 123 y 124.

#### Figura N° 5

*El lanzamiento de una nueva mezcla de hormigón.*



Nota: <http://tecnologia-concreto.blogspot.com/2016/07/semana-10>

#### 2.2.4. Resistencia del Concreto

Actualmente, no existe una regla universalmente aplicable que describa con precisión el comportamiento del hormigón cuando se expone a diversos estados tensionales en un edificio. Sin embargo, si bien su función principal es medir la resistencia mecánica, también se examinan en relación con ella otros factores como la resistencia a la tracción, el módulo elástico y la resistencia al corte. El número total de páginas es 127.

##### 2.2.4.1. Relación Agua Cemento

Es la proporción de agua a cemento la que define la resistencia del hormigón. Esta relación tiene en cuenta los componentes y condiciones específicos que están presentes. La relación "agua-cemento", según la terminología contemporánea, se refiere a la proporción de agua a cemento en términos de peso.

La regla de Abrams es un principio ampliamente reconocido desde que fue presentada por primera vez por Duff Abrams en el año 1918. Según esta regla, la relación agua-cemento, originalmente medida en volumen, tiene una relación recíproca con la resistencia del hormigón completamente compactado a una edad particular bajo condiciones de evaluación y materiales similares a los empleados en las pruebas.



#### 2.2.4.2. Factores que influyen en la resistencia del concreto

Independientemente de la calidad y composición de sus constituyentes, existen una serie de aspectos que influyen en la durabilidad del hormigón endurecido. Las siguientes características son particularmente destacables si se tienen en cuenta las cualidades de sus constituyentes en una mezcla adecuadamente preparada y posicionada:

##### 1. Contenido de cemento Según Sánchez (2001):

Las propiedades del cemento utilizado, el ingrediente más importante de la mezcla, tienen una gran influencia en la resistencia del hormigón en cualquier punto. Sin embargo, es importante recordar que su cantidad en la mezcla afecta directamente a la resistencia de un determinado tipo de cemento. Asimismo, la resistencia del hormigón aumenta con el incremento del contenido de cemento. El material citado se encuentra en las páginas 130-131.

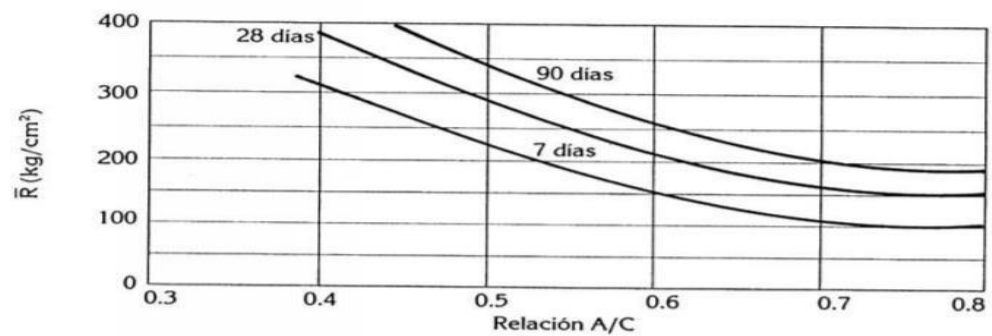
##### 2. Relación agua-cemento y contenido de aire Sánchez (2001):

Como ya se ha mencionado, el principal factor que influye en la resistencia de un hormigón compactado adecuadamente es la proporción de cemento y agua. Comprender la conexión entre la resistencia de los materiales y la relación agua-cemento es crucial para la realización eficaz de un proyecto determinado. La variación de la resistencia puede explicarse por el uso de distintos áridos y cementos, que pueden proporcionar una amplia gama de resistencias manteniendo la misma relación agua-cemento. Esta podría ser la causa de la variación de la resistencia.

También es muy importante tener en cuenta si el hormigón contendrá o no aire atrapado, que es una mezcla de aire que se ha añadido intencionalmente y aire que ha quedado atrapado de forma natural. Esto ocurre como resultado de la forma en que el aire afecta la resistencia del hormigón. Por lo tanto, para lograr el mismo nivel de resistencia, el hormigón con aire incluido requiere una menor proporción de mezcla de agua y cemento. Hay 132 páginas.

### Figura N° 6

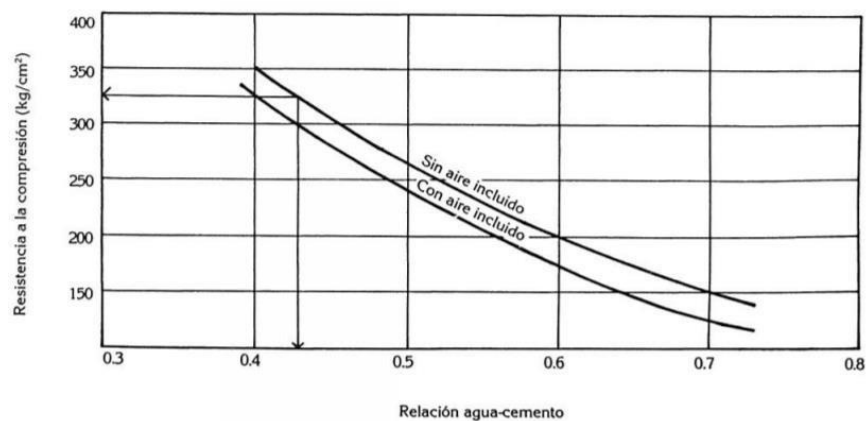
Trace la relación entre la resistencia a la compresión promedio y la relación agua-cemento en una curva.



Nota: (Sánchez, 2001)

### Figura N° 7

Se está examinando la relación entre la resistencia a la compresión y la relación agua-cemento (a/c) para el hormigón, tanto con cómo sin aire incorporado.



Nota: (Sánchez, 2001)



### 3. Influencia de los agregados

En seguida, se muestra una recopilación de los atributos clave de los agregados que impactan la resistencia del concreto:

- Mientras el hormigón aún está fresco, la granulometría continua consigue que sea lo más compacto posible, lo que finalmente hace que el hormigón alcance su máxima densidad a medida que endurece. Esto conduce a una mayor durabilidad.
- La morfología del agregado y las características de la superficie son aspectos importantes. En comparación con los áridos redondeados y lisos, el uso de áridos cúbicos y rugosos produce un contacto más fuerte con la interfaz matriz-árido, lo que se traduce en un aumento de la resistencia. Esto se consigue manteniendo constante la relación agua/cemento. Para cantidades de cemento comparables, el planteamiento anterior requiere más agua para conseguir una trabajabilidad suficiente. Así, la resistencia total no cambia mucho.
- La resistencia del hormigón durante la construcción está directamente influenciada por la rigidez y resistencia de las partículas del material agregado. Ello se debe a que la resistencia y el módulo elástico de un árido poroso de baja densidad son diferentes de los de un árido muy poroso de baja porosidad. Esta es la razón de que se diera este caso. La cita puede ubicarse entre el rango de las páginas 132 a 133.

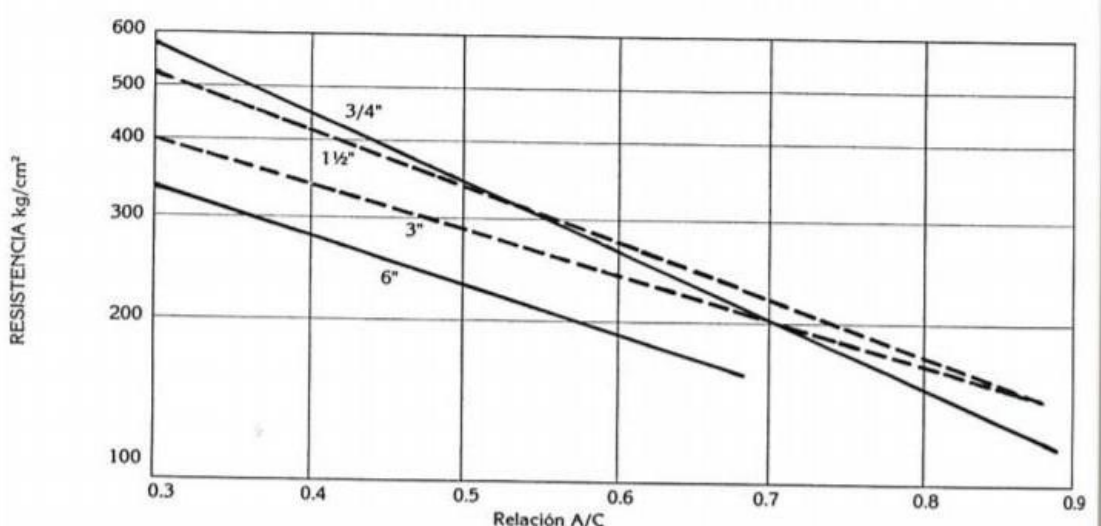
#### 4. Tamaño máximo del agregado grueso

El tamaño de la mayoría de las partículas de áridos gruesos de la mezcla debe tenerse en cuenta a la hora de calcular la resistencia del hormigón. A lo largo del proceso, se necesitan diferentes cantidades de cemento para alcanzar la resistencia a la compresión requerida a diferentes edades y con diferentes tipos de áridos. Esta variación se debe a que el tamaño del árido grueso más grande tiene un impacto sustancial.

En general, hay menos espacio vacío y menos superficie cuando aumenta el tamaño del árido grueso. Debido a ello, se requiere menos mortero para alcanzar la trabajabilidad adecuada, lo que significa que en una mezcla con una relación predeterminada agua-cemento, se utiliza menos cemento. Según estudio actual (p. 133), el uso más eficiente del cemento para una determinada resistencia se logra utilizando áridos de menor tamaño. Este hallazgo es aplicable para resistencias de hasta aproximadamente 250 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura N° 8**

*Valores de resistencia a la compresión para diferentes tamaños máximos de agregado*



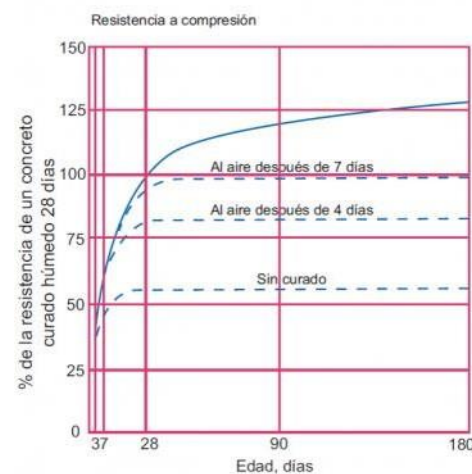
Nota: (Sánchez, 2001)

## 5. Curado del concreto

Uno de los elementos que influyen en la exposición del hormigón al aire circundante es la evaporación de la humedad que tiene lugar a lo largo del proceso de endurecimiento del hormigón. Como resultado, el cemento es incapaz de completar la reacción química, lo que acaba provocando una disminución de la resistencia total del hormigón. Además, la velocidad y el alcance del proceso de secado dependen de dos factores: la masa del hormigón y la superficie expuesta al aire. También influyen los niveles de humedad del aire circundante. Los niveles de temperatura y humedad se regulan durante todo el proceso de curado para mejorar la capacidad de hidratación del cemento. El objetivo específico del curado del hormigón es mantener su saturación, u obtener un nivel de saturación lo más cercano posible a la saturación, para permitir que el cemento se hidrate completamente. En la página 137

### Figura N° 9

*La relación entre resistencia a la compresión y tiempo, considerando diferentes métodos de curado.*



Nota: <https://www.yura.com.pe/blog/curado-del-concreto-primera-parte/>



### 2.2.5. Medida de la resistencia a la compresión

La principal característica mecánica del hormigón, como se mencionó anteriormente, es su resistencia a la compresión, que desempeña un rol importante en una estructura típica que incluye hormigón armado. Si bien psi son un método de medición viable, la unidad de medida más utilizada es kg/cm<sup>2</sup>. Una libra por pulgada cuadrada es comparable a 0,07 kilogramos por centímetro cuadrado en términos de presión. Por el contrario, según el Sistema Internacional de Unidades, hoy en día a menudo se indica en megapascales (Pa).

La resistencia del hormigón puede evaluarse mediante pruebas mecánicas, que pueden ser de naturaleza destructiva o no destructiva. Comparativamente, las pruebas no destructivas permiten realizar pruebas repetidas para investigar variaciones en la resistencia, mientras que las pruebas destructivas requieren la recolección de muestras y la inducción intencional de falla. Algunas características, incluida la resistividad, están sujetas a modificaciones con el paso del tiempo. Prismas, cilindros y cubos son los tres tipos de muestras que se utilizan para el escenario mencionado anteriormente. Según Sánchez (2001), existen varios métodos diferentes que pueden utilizarse para este último, que se analizarán con más detalle a continuación.

#### 2.2.5.1. Ensayo de cilindros

Para realizar pruebas de resistencia mecánica fundamental a la compresión, las muestras cilíndricas son el método que más se utiliza. La creación de estas muestras implica el proceso de verter material en moldes diseñados y contruidos específicamente con acero o hierro fundido. Como se puede observar en la Figura 6.1 O, estos moldes tienen unas dimensiones medidas con precisión, con un diámetro de 150 milímetros y una altura de 300 milímetros. En



comparación con la altura, la relación entre el diámetro y la altura es 1:2. Las normas NTC 550 y 673 describen los procedimientos para inspeccionar la fabricación de cilindros y evaluar su resistencia a la compresión, respectivamente. Aquí le ofrecemos una descripción general concisa.

Tras la selección de la muestra de hormigón fresco de acuerdo con los métodos definidos en la NTC 454 (hormigón fresco - muestreo), se llevan a cabo los procesos subsiguientes para garantizar que toda la muestra está representada con exactitud:

Es vital aplicar una capa de aceite en el interior del cilindro antes de verter el hormigón en el molde. Esto evitará que el concreto se adhiera a la superficie metálica, que de otro modo se vería afectada por el concreto. Puede lograr esto usando un cepillo para aplicar una capa de aceite mineral en las paredes internas del molde, así como en el fondo del molde. Para evitar que el aceite se acumule en el fondo del recipiente, es fundamental asegurarse de que la capa de aceite sea fina.

Hay tres capas que se introducen en el cilindro, y cada una de ellas mide diez centímetros de altura. Cada capa se exprime con una varilla lisa que tiene un diámetro de 16 milímetros, equivalente a 5/8 de pulgada. En varios lugares diferentes de la superficie del hormigón, la varilla cilíndrica con punta redondeada se inserta veinticinco veces para cada capa. Se deben tomar precauciones para garantizar que la varilla solo pasará a través de la capa que se está triturando y no pasará a la capa siguiente (consulte la Figura 6.11 para obtener más información). Para que el molde quede terminado hay que añadir más mezcla. Determinar la nivelación de la superficie con llana o regla para



conseguir un acabado impecable.

Para transformar la apariencia opaca de la superficie del hormigón en una brillante, las paredes de cada capa se golpean con una varilla o un martillo de goma después de que cada capa se haya llenado por completo. Esto se hace para eliminar las posibles burbujas de aire que aún queden allí. Es posible que el artículo se haya adherido al molde o haya quedado atrapado dentro del hormigón.

Es aconsejable almacenar los cilindros recién producidos en un lugar estable y seguro, protegido de cualquier posible impacto o vibración. Al día siguiente, unas  $20 \pm 4$  horas después de la fabricación, se extrae el molde con cuidado. Una vez eliminado el molde, es imprescindible someter rápidamente los cilindros a un procedimiento de curado. Esto se puede lograr colocándolos en un ambiente de curado controlado a una temperatura de 23 grados Celsius más o menos dos grados Celsius o sumergiéndolos en tanques parcialmente llenos de agua que contiene cal. Es imperativo que se realice esta operación para evitar que se evapore el agua contenida dentro del molde. Para garantizar un crecimiento progresivo y constante de la resistencia a lo largo del tiempo, un cilindro se mantiene en un ambiente con temperatura controlada y expuesto al aire o al sol. En estas circunstancias, se requiere que los cilindros permanezcan en la posición en la que se encuentran ahora hasta el día de la medición.

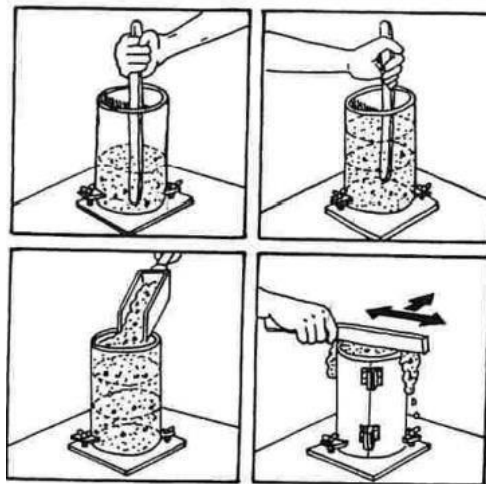
Para determinar la resistencia mecánica del hormigón se aplica una carga a la superficie superior de un cilindro utilizando una prensa de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por la NTC 673.

En circunstancias normales, esta superficie no está nivelada y es

irregular, lo que da lugar a la formación de zonas de alta presión que disminuyen significativamente la durabilidad general del hormigón con el paso del tiempo. Es posible que una desviación de 0,25 milímetros de la planitud ideal provoque una reducción significativa de la resistencia, lo que equivale a una reducción de alrededor del 33%. Para solucionar este problema, las culatas suelen sellarse o recubrirse con sustancias como mezclas de yeso o compuestos de azufre. Este es un requisito de la NTC 504, que se aplica a nivel nacional. Al determinar la resistencia mecánica, la fuerza que se aplica por unidad de superficie se suele calcular en kilogramos por centímetro cuadrado y luego se redondea al kilogramo por centímetro cuadrado más cercano. Tanto la página 138 como la 139 son las páginas específicas a las que se hace referencia aquí.

**Figura N° 10**

*Admisión hecha de cilindros de hormigón.*



Nota: (Sánchez, 2001)

## 2.2.6. Aditivos

### 2.2.6.1. Definición

Un aditivo, según las definiciones proporcionadas por el Comité 116R del ACI y ASTM C 125, se refiere a un material que se agrega al



mortero u hormigón durante el proceso de mezclado. El hecho de que este producto no contenga agua, áridos, cemento hidráulico ni fibra de refuerzo es un punto muy importante a tener en cuenta. Los aditivos son sustancias químicas que se incluyen en la mezcla de mortero u hormigón a medida que pasa por el proceso de mezclado. Están diseñados para mejorar o alterar las propiedades de la mezcla con el fin de lograr su objetivo.

- a) Modifican determinadas características del hormigón para que el trabajo en curso se ajuste mejor a las necesidades.
- b) Agiliza el posicionamiento
- c) Disminuyen los gastos operativos. La elección de utilizar un aditivo debe tenerse en cuenta en situaciones en las que:
  - Es posible que utilizarlo sea la única opción disponible para hacer lo que quieres.
  - Los propósitos deseados se pueden lograr de forma más eficaz modificando la composición o ajustando las cantidades de la mezcla. Página 264

#### **2.2.6.2. Condiciones de Empleo**

Los aditivos utilizados deben cumplir los criterios establecidos en cada una de las normas ASTM o ITINTEC antes de poder ser utilizados. En los criterios del proyecto debe incluirse una definición clara de su aplicación, o ésta debe ser permitida por la supervisión.

Los aditivos aireantes son absolutamente necesarios para el hormigón, ya que es posible que esté expuesto a temperaturas inferiores a la OC en cualquier momento de su vida útil. En determinadas situaciones, estos aditivos son absolutamente



necesarios; sin embargo, esto sólo ocurre cuando son el único medio para conseguir los resultados deseados.

Los aditivos se utilizan para evitar la reducción de la proporción de cemento que se selecciona por unidad cúbica de mezcla de hormigón.

En la página 264.

### **2.2.6.3. Requisitos de la Norma Según Rivva (2000)**

Según la norma, es necesario realizar una investigación sobre el impacto que tiene un aditivo en los atributos que se exigen al hormigón para las modificaciones que se especifican.

Los hormigones de composición y calidad comparables, pero sin aditivos, se denominan hormigones de control o estándar. La evaluación de estas características se realiza comparándolas con los resultados obtenidos con hormigones de composición y calidad comparables. La información pertinente se encuentra en la página 284.

### **2.2.6.4. Aditivos Incorporadores de Aire**

Contrasta con la situación en la que el aire queda confinado dentro de la construcción de hormigón sin permiso del individuo. El proceso intencionado de incorporar aire a una mezcla añadiéndolo en las cantidades adecuadas se denomina arrastre de aire.

El término «aditivos inclusores de aire» se refiere a compuestos que se añaden al hormigón justo antes o durante el proceso de mezclado. Esta sección se centra específicamente en los ingredientes incorporadores de aire. Estos compuestos se utilizan específicamente con el fin de mitigar los efectos de la congelación y descongelación, respectivamente. En la página 287



Según la definición proporcionada por el American Concrete Institute (ACI), un agente inclusor de aire es una sustancia que se incorpora al cemento hidráulico o se utiliza como aditivo siempre que se produce hormigón o mortero. El objetivo de este dispositivo es inyectar aire en la mezcla en forma de pequeñas burbujas, que suelen medir 1 mm de diámetro o menos. En el proceso de mezclado, esta adición se utiliza principalmente para mejorar la trabajabilidad de la mezcla y su resistencia a la congelación.

La resistencia del material a los efectos destructivos de la congelación y descongelación aumentó considerablemente en la década de 1930, cuando se descubrió que la incorporación al hormigón de una disposición inherente de esferas o burbujas de aire incrementaba enormemente la resistencia del material. Este tipo de construcciones, como suelos y pavimentos, tienen más probabilidades de presentar este fenómeno porque tienen un vínculo sustancial entre su superficie y su volumen.

Con EL tamaño comprendido entre 70 y 140 micras tiene un doble impacto en el medio ambiente. La primera se encuentra en estado ideal, mientras que la otra está en estado solidificado. Esto impide la formación de pequeños canales que llegan a la superficie del hormigón, lo que se traduce en una reducción significativa de la cantidad de fluido que escapa del hormigón cuando se aplica en su forma original. Una vez solidificadas, las esferas sirven como lugares donde se liberan las presiones provocadas por el cambio de volumen que se produjo durante la transición al estado sólido. Esto puede lograrse por el exceso de agua que empuja el hielo o por el propio hielo.



Sin embargo, la aplicación de inclusiones de aire no se limita a detener el deterioro del hormigón provocado por los ciclos de congelación y descongelación. La ausencia de capilares en el hormigón impide que el agua penetre en el material durante el proceso de solidificación. El aire tiene el efecto de impermeabilizar el material, ya que está presente tanto en el hormigón como en el mortero.

#### **2.2.6.5. Aditivos Superplastificantes**

Al referirse a los aditivos superplastificantes, el Comité C-9 de la ASTM utiliza el término «aditivos reductores de agua de alto rango» para caracterizarlos. Se añaden al hormigón compuestos químicos o combinaciones de productos químicos para hacer que el hormigón normal sea más trabajable o para reducir significativamente la cantidad de agua necesaria. De este modo, las capacidades de los aditivos reductores de agua convencionales se estiran más allá de sus límites.

En comparación con las propiedades químicas de los aditivos reductores de agua típicos, estos aditivos tienen un conjunto de características totalmente distintas. Como consecuencia de ello, pueden utilizarse en grandes cantidades sin que se produzcan problemas potenciales como el fraguado retardado o la inclusión excesiva de aire.

Los usos principales de estos aditivos incluyen la producción de concreto fluido con alto asentamiento (18 cm o m6s) y propiedades autonivelantes, que requieren una compactación mínima y evitan la segregación y exudación excesivas. Además, se utilizan para producir hormigón de alta resistencia utilizando relaciones agua-cemento más bajas (por debajo de 0,4), logrando ahorros sustanciales de agua



(hasta un 25 % o 30 %), preservando al mismo tiempo la trabajabilidad adecuada para diversas aplicaciones. Explícito. Sin embargo, el efecto es efímero y dura sólo entre 30 y 60 minutos, tras lo cual se produce una rápida disminución de la capacidad de gobernar.

Estos polímeros orgánicos se generan a partir de condensados de melamina sulfonada, formaldehído de naftaleno sulfonado o lignosulfonatos modificados. Los aditivos superplastificantes se utilizan en la producción de materiales superplásticos. Debido a que estos aditivos no incluyen cloruros, se garantiza que son seguros para su uso en cualquier tipo de hormigón, y no hay posibilidad de que el acero de refuerzo se corroa después de su uso. La norma ASTM C-494 proporciona una descripción de las propiedades de estos aditivos, que corresponden a los aditivos tipo F y tipo G. Estos aditivos se distinguen entre sí por la capacidad de fraguado o retardante que poseen por separado. Pág. 272 - 273

### **2.2.7. Durabilidad del Concreto**

A la hora de determinar la durabilidad del concreto, se tiene en cuenta su capacidad para soportar la degradación en forma de intemperie, ataque químico, abrasión u otras formas de deterioro. Cuando el hormigón se somete a su entorno, mantendrá su forma inicial, su excelencia y su capacidad para funcionar eficazmente. Esto es lo que entendemos por mantener su durabilidad.

La publicación titulada "Durabilidad del hormigón" investiga los principales elementos responsables del deterioro del hormigón y ofrece consejos sobre cómo tomar medidas preventivas para atenuar el impacto de tales daños. En este documento se incluyen secciones sobre crioconservación y descongelación, contacto con productos químicos corrosivos, erosión, corrosión metálica, interacciones químicas de los áridos, restauración del



hormigón y utilización de barreras protectoras para prolongar la longevidad del hormigón. Además, el documento no contiene ninguna información relativa a la fisuración, son las normas y publicaciones que se dedican específicamente a abordar estas cuestiones concretas. En estas publicaciones se tratan estas cuestiones específicas.

(Comité ACI 201, 2000, página 2).

### 2.2.7.1. Congelamiento y Deshielo

Para determinar si el hormigón nuevo puede soportar la congelación y descongelación sin sufrir daños, es necesario someterlo a ciclos de congelación-descongelación. El hormigón que es capaz de soportar ciclos de congelación-descongelación durante un periodo de tiempo prolongado, contiene burbujas de aire, está correctamente mezclado, utiliza componentes de alta calidad, está correctamente colocado, acabado y curado, y tiene el potencial de soportar estos ciclos durante un periodo de tiempo más largo. Si, por el contrario, se permite que el hormigón permanezca completamente húmedo durante todo el ciclo de congelación-descongelación, tiene el potencial de causar daños incluso al hormigón de primera calidad en condiciones extremadamente duras. Esta situación puede darse cuando, por un lado, una estructura de hormigón está expuesta a aire caliente y húmedo y, por otro, la evaporación es insuficiente o limitada. Alternativamente, puede tener lugar cuando se deja que el hormigón permanezca en contacto con una columna continua de agua durante un largo periodo de tiempo antes de la congelación. (Comité ACI 201, 2000, página 4)

Según Sánchez (2001), el agua es la única sustancia natural que aumenta de volumen a medida que alcanza su punto de congelación. Cuando el componente estructural incluye agua y esta agua se



congela, se produce una expansión de tamaño, provocando tensiones de tracción internas dentro de la masa de hormigón. Estos factores estresantes tienen el potencial de provocar fallas, como lo demuestran estudios anteriores sobre su influencia en la integridad estructural. La resistencia a la tracción del hormigón es bastante baja. Página 151.

### **2.2.7.2. Acción de las Heladas en el Hormigón**

La referencia Comité ACI 201 (2000) afirma que Powers y sus colaboradores llevaron a cabo un estudio extenso sobre el impacto de las heladas en el concreto de 1933 a 1961. Los científicos propusieron varias hipótesis plausibles para arrojar luz sobre estos complejos sistemas. Tanto la pasta cementosa endurecida como los áridos muestran comportamientos distintos cuando se estudian por separado al aplicar ciclos de congelación-descongelación al material. Powers y Helmut observaron que una solución alcalina menos fuerte compone el agua de la pasta de cemento. Los cristales de hielo empiezan a desarrollarse cuando la temperatura del hormigón desciende por debajo del punto de congelación y pasa por una fase de sobreenfriamiento.

Debido a esto, la concentración de álcali en el componente líquido de la solución aumenta dentro de estos tubos estrechos, lo que da lugar a la formación de una fuerza osmótica que hace que el agua de los poros de los alrededores migre a la solución en las zonas que están congeladas. La solución se diluye aún más al entrar en contacto con el hielo, lo que provoca que éste se expanda como resultado de la interacción. El proceso en cuestión se conoce como acreción. En caso de que la cavidad se llene tanto de hielo como de solución, una mayor acumulación de hielo provocará un aumento de la presión, lo que puede dar lugar al colapso de la lechada. A medida que se extrae agua



de los capilares que se han descongelado, la pasta tiende a contraerse. Página 7

### 2.2.7.3. Recomendaciones para lograr estructuras durables

Según las recomendaciones del Comité ACI 201 (2000), el concreto que será sometido a ciclos de humedad y congelación debe tener las siguientes características:

- Curado suficiente antes del primer ciclo de congelación.
- Reducción de la relación agua-cemento
- Suficiente entrada de la cantidad de aire;
- El desarrollo de un diseño que reduzca la susceptibilidad de la estructura a la humedad;
- Materiales de alta calidad;
- Énfasis en metodologías constructivas. (pág.7)

#### 1. Diseño de la Estructura

Debido al diseño de la construcción, el drenaje debe poder funcionar bien. Es necesario asegurarse de que la parte superior de las paredes y otras superficies exteriores tengan una estructura inclinada. Evite áreas con depresiones que puedan resultar en la acumulación de agua. No es aconsejable que los desagües liberen agua sobre superficies de hormigón descubiertas. Es importante evitar que el agua de las zonas más altas fluya por encima o por los lados de las barreras de hormigón (Miesenhelder 1960). Página 7

Relación agua-cemento. La explicación la proporciona el Comité ACI 201 (2000).



Asegúrese de que la relación agua-cemento no supere los límites exigidos cuando trabaje con hormigón resistente a las heladas de peso estándar. Se trata de una consideración importante. Se requiere mantener una relación agua-cemento (relación a/c) igual o inferior a 0,45 para componentes finos como tableros de puentes, barandillas, bordillos, voladizos y elementos ornamentales. Además, esta relación debe mantenerse para cualquier hormigón que esté expuesto a sales de deshielo. En cualquier otro edificio debe mantenerse una relación agua-cemento igual o inferior a 0,50. La séptima página

#### **2.2.7.4. Incorporación de aire**

Demasiado aire no sólo debilita la resistencia a la compresión del material, sino que además no ofrece ninguna defensa contra los ciclos de congelación y descongelación.

La creación de un hormigón con aire atrapado implica la adición de un aditivo aireante a la hormigonera o la utilización de cemento aireante, o ambos componentes.

La proporción de aire que se incluye en la mezcla producida depende de varios factores, como las características de los materiales utilizados (cemento, aditivos químicos, áridos y puzolanas), la cantidad de mezcla utilizada, el tipo de mezcladora, la duración del proceso de mezcla y la temperatura. Cuando se utilizan productos químicos para la retención del aire, es esencial ajustar la dosificación de estos productos según sea necesario para obtener el nivel correcto de contenido de aire. No es posible alcanzar este estado de cosas a menos que se utilice completamente cemento aireante. La utilización de un aditivo aireante es el método de uso aprobado. En el libro se mencionan las páginas 7 y 8.



## 2.2.7.5. Materiales. Según ACI Committee 201 (2000)

Varias variedades de cemento Portland y cementos hidráulicos mezclados brindan grados comparables de durabilidad cuando se usan apropiadamente en concretos que cumplen con ciertos requisitos de aireación, fabricación y medición.

Para evitar la aparición de ciclos de congelación. Es imprescindible que el cemento utilizado cumpla los requisitos establecidos en ASTM C 150 o C 595.

Generalmente, incluir cenizas finas como aditivos no suele afectar la resistencia y resiliencia a largo plazo del concreto. La consistencia de la resistencia, el contenido de humedad y el contenido de aire del hormigón son necesarios para que esta afirmación sea cierta. Antes de utilizar cualquier componente que carezca de validación, debe completarse una evaluación exhaustiva. Cuando se emplean, tanto las cenizas finas como las puzolanas naturales deben cumplir las especificaciones ASTM C 618. Durante casi un siglo, varias naciones europeas, entre ellas Bélgica, los Países Bajos, Francia y Alemania, han empleado eficazmente cementos de escoria de alto horno en sus esfuerzos de construcción. Se ha demostrado que estos cementos son duraderos en situaciones difíciles, como las que son propensas a frecuentes ciclos de congelación-descongelación y las condiciones que se observan en ambientes marinos.

A pesar de que es de suma importancia que los áridos naturales cumplan los requisitos definidos en la norma ASTM C 33, no existe ninguna garantía de que vayan a demostrar una durabilidad adecuada. Para cumplir los requisitos mencionados en ASTM C 330, son necesarios áridos ligeros.



A pesar de que estos criterios tienen en cuenta una serie de aspectos diferentes, dan al ingeniero total libertad de elección a la hora de seleccionar los áridos.

Es esencial el uso de aditivos aireantes para cumplir los requisitos de la norma ASTM C 260. Es necesario incorporar aditivos químicos a la mezcla.

Si se usan ciertos aditivos minerales, como puzolanas, puede ser esencial aumentar la proporción de aditivo incluso de aire para lograr el grado deseado de incorporación de aire. Esto es particularmente preciso para agregados que consisten en un porcentaje significativo de partículas finas. ACI 212.3R ofrece pautas integrales para el uso de aditivos. El texto se encuentra en la página 8.

#### **2.2.7.6. Curado**

Los concretos que han sido fraguados al aire, que tienen una resistencia a la compresión de alrededor de 500 libras por pulgada cuadrada (3,45 megapascales), pueden soportar condiciones de congelación siempre que no haya humedad externa presente. La mayor parte del hormigón correctamente proporcionado tarda aproximadamente dos días en adquirir este nivel de resistencia cuando se calienta a una temperatura de 50 grados Fahrenheit (10 grados Celsius). Es esencial que el hormigón tenga una resistencia a la compresión de unas 4000 libras por pulgada cuadrada (27,6 megapascales). antes de ser sometido a una congelación prolongada en circunstancias de saturación crítica (tal como se especifica en ASTM C 666). Esta resistencia a la compresión es necesaria antes de que el hormigón sea sometido a saturación crítica. Inmediatamente después de la finalización de la fase de curado, se recomienda



encarecidamente disponer de un intervalo de secado. De acuerdo con la observación que Kleiger hizo en 1956, el hormigón debe tener una resistencia de 3000 libras por pulgada cuadrada (20,7 megapascales) cuando está expuesto a condiciones clasificadas como moderadas.

Página 10

#### **2.2.7.7. Prácticas constructivas**

Para obtener hormigón duradero, es fundamental utilizar técnicas de construcción adecuadas. Se debe prestar especial atención al diseño de losas que estarán expuestas a agentes químicos descongelantes. Esto se debe a que lograr acabados duraderos y afrontar las duras circunstancias de exposición plantean requisitos desafiantes. Es importante asegurarse de que el hormigón de las losas esté correctamente compactado. Por otro lado, se recomienda evitar actividades como el sobretrabajado de la superficie, el sobreacabado o la adición de agua al hormigón para facilitar el acabado. Las acciones en cuestión provocan un aumento de la cantidad de mortero o agua que se lleva a la superficie, produciendo así una lechada más vulnerable a los efectos de los productos químicos descongelantes. Estos tratamientos tienen el potencial de desalojar el aire que ha quedado atrapado en las superficies. Existe la posibilidad de que la influencia de las burbujas más grandes sea insignificante; sin embargo, la durabilidad del material puede verse considerablemente afectada si también se distribuyen burbujas más pequeñas. La cantidad de tiempo que se tarda en terminar es una consideración importante. Página 10



## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. *Curado del concreto:*

Para facilitar la hidratación de los componentes cementosos, los niveles de temperatura y humedad del hormigón se controlan cuidadosamente durante la fase de curado del proceso. Mediante este proceso, se garantiza que el hormigón adquiera las características necesarias. Sin embargo, a pesar de que el proceso de curado es una fase crítica y crucial en la construcción de estructuras de hormigón, a veces se subestima y se ignora. Un curado eficaz no sólo mejora la resistencia y durabilidad del hormigón solidificado, sino que también mejora en gran medida todas las demás cualidades del material.

### 2.3.2. *Durabilidad del concreto:*

La capacidad del hormigón duradero para sobrevivir eficazmente a los muchos tipos diferentes de condiciones de servicio a las que puede estar sometido, incluyendo la intemperie, las reacciones químicas y el desgaste, es una de sus muchas características distintivas.

Es fundamental que el hormigón permanezca intacto y no sufra ningún deterioro con el tiempo, a pesar de las circunstancias previstas. La longevidad limitada del hormigón puede deberse a las condiciones externas a las que está sujeto o a elementos internos inherentes al propio hormigón. Es posible que las causas externas sean el resultado de una amplia variedad de factores físicos, químicos o mecánicos. Estos factores pueden incluir condiciones del aire, temperaturas extremas, abrasión, actividad electrolítica o exposición a líquidos y gases naturales o creados. En condiciones extremas, cualquier hormigón que no esté suficientemente protegido puede resultar destruido. El grado de deterioro que produzcan estos productos químicos dependerá de la calidad del hormigón; pero, en estas condiciones, cualquier hormigón puede



verse afectado. La reacción álcali-agregado, los cambios de volumen provocados por las diferencias de características térmicas entre el árido y la pasta de cemento, y la permeabilidad del hormigón son ejemplos de razones internas que pueden provocar la degradación del hormigón. El grado en que el hormigón es susceptible de sufrir daños por agentes externos es directamente proporcional a la permeabilidad del hormigón, lo que la convierte en una propiedad muy importante. Como consecuencia de ello, es esencial que el hormigón tenga una permeabilidad relativamente baja para que demuestre su durabilidad.

### **2.3.3. *Endurecimiento del concreto:***

El hormigón sufre un proceso de endurecimiento como resultado de las reacciones químicas que tienen lugar por el contacto del cemento y el agua. El proceso de hidratación sólo tendrá lugar si hay una cantidad suficiente de agua y la temperatura se encuentra en el nivel adecuado. El proceso de hidratación del hormigón recién vertido se interrumpe cuando una cantidad sustancial de agua se evapora del hormigón. Esto ocurre cuando el hormigón está expuesto a fuertes vientos. Cuando la temperatura se acerca al punto de congelación, que es de 0 grados centígrados, se produce una disminución considerable de la cantidad de agua presente. Es imposible que el hormigón mejore su resistencia y otros atributos deseables cuando se dan estas condiciones porque inhiben al hormigón de hacerlo.

### **2.3.4. *Módulo de elasticidad del concreto:***

Mediante la utilización del módulo de elasticidad, es posible cuantificar la relación que existe entre la tensión normal y la deformación unitaria subsiguiente a lo largo del tiempo. Existen diferentes tipos de tensiones que pueden utilizarse para este concepto. Entre ellas se incluyen las tensiones de tracción o compresión que son inferiores al límite de proporcionalidad del



material. El módulo elástico ( $E_c$ ) del hormigón con un peso unitario ( $w_c$ ) comprendido entre 1450 y 2500 kg/m<sup>3</sup> puede calcularse mediante la fórmula  $E_c = (w_c)^{1,5} \cdot 0,043(f'c)^{1/2}$  (en MPa). Esta fórmula puede utilizarse para obtener el  $E_c$  del hormigón. Para determinar el módulo de elasticidad ( $E_c$ ) del hormigón, es posible utilizar la siguiente fórmula, que se basa en un peso unitario estándar de aproximadamente 2300 kg/m<sup>3</sup>. En megapascales,  $E_c$  es igual a  $4700 (f'c)^{1/2}$ . La entrada del usuario es la siguiente «(NE E.060)»

### 2.3.5. **Cemento:**

Al combinar una sustancia finamente molida con una cantidad adecuada de agua, el cemento hidráulico es capaz de producir una pasta cohesiva capaz de solidificarse, incluso cuando se sumerge en agua o se expone al aire. No hay provisiones para yeso, cal aérea o cal hidráulica en este paquete.

### 2.3.6. **Cemento Portland:**

Tras la molienda del clinker Portland, se añade sulfato de calcio a la mezcla para generar el producto. Siempre que la norma aplicable verifique que no se alteran las cualidades del cemento que se produce como resultado, se permitirá la incorporación de elementos adicionales que constituyan menos del uno por ciento del peso total. La consolidación del clinker debe realizarse simultáneamente con la adición de cualquier otro componente.

### 2.3.7. **Cemento Portland Puzolánico:**

El cemento Portland se potencia con una proporción específica de puzolana.

### 2.3.8. **Concreto:**

Además, en la composición se incluyen agregado fino, agregado grueso, agua y cualquier aditivo que se desee. También se incluye el cemento portland o cualquier otro tipo de cemento hidráulico. (2009)



### **2.3.9. Concreto estructural:**

"Todo el hormigón utilizado para aplicaciones estructurales, abarcando tanto el hormigón simple como el hormigón armado".

### **2.3.10. Concreto armado o reforzado:**

Hormigón estructural reforzado con la mínima cantidad imprescindible de acero, independientemente de que esté pretensado o no.

### **2.3.11. Concreto simple:**

Hormigón estructural no armado o con refuerzo insuficiente respecto al mínimo requerido para el hormigón armado.

### **2.3.12. Resistencia a la fluencia:**

El término "límite elástico mínimo especificado" se refiere al nivel predeterminado de resistencia o límite elástico que se requiere para el refuerzo. La determinación del límite elástico o límite elástico debe realizarse mediante pruebas de tracción, siguiendo los lineamientos marcados por la (NTP).

### **2.3.13. Resistencia especificada a la compresión del concreto ( $f'_c$ ):**

La resistencia mecánica del hormigón es un dato estadístico esencial que se determina y evalúa durante la fase de diseño del proceso de construcción. La unidad de medida megapascal (MPa) es la que se utiliza con mayor frecuencia. Como consecuencia del hecho de que nos referimos expresamente a la raíz cuadrada del valor numérico cuando se utiliza un símbolo radical para denotar un número, el valor que se da se expresa en megapascales (MPa).

### **2.3.14. Resistencia nominal:**

El cálculo de la resistencia de un elemento se basa en los requisitos y supuestos de la técnica de cálculo de la resistencia indicados en esta Norma. Sin embargo, en este cálculo no se tiene en cuenta el factor de reducción de la resistencia.



### **2.3.15. Resistencia Requerida:**

La capacidad de un elemento para soportar cargas adicionales o los momentos y fuerzas internos relacionados con dichas cargas, tal como se describen estos términos en esta Norma.



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de la investigación

Para el desarrollo del estudio se usó un diseño de investigación cuasiexperimental. Específicamente, se refiere a un método en el que el investigador hace un esfuerzo consciente para alterar una variable experimental que aún no ha sido investigada y al mismo tiempo ejerce un control total sobre las condiciones. El objetivo de este es brindar una explicación de los procesos y causas detrás de la manifestación o manifestación potencial de un fenómeno. La referencia es Palella y Martins (2012), concretamente en la página 86.

#### 3.2. Tipo de la investigación

La investigación utilizó un enfoque correlacional para calcular la relación entre la presencia de un aditivo aireado y un superplastificante en la composición del hormigón y las propiedades del hormigón que contribuyen a su durabilidad (como la resistencia a la compresión, la trabajabilidad, el peso unitario y el contenido de aire). El objetivo era determinar la relación entre estos atributos.

El estudio correlacional pretende establecer la existencia o ausencia de relación entre variables dentro de una población o grupo.



### 3.3. Nivel de investigación

Considerando que el propósito del trabajo de investigación realizada fue determinar las fuentes o elementos que contribuyen a la variación de los hallazgos mediante la modificación de la variable independiente, el estudio realizado se categoriza como un estudio Explicativo.

Para lograr una comprensión más profunda de los hechos mencionados, el propósito de este estudio es establecer las conexiones causales que existen entre ellos. Específicamente, la referencia de la fuente es Palella y Martins (2012). página 93.

### 3.4. Descripción del ámbito de la investigación

Para el desarrollo del trabajo de investigación se hizo el uso del Laboratorio de Mecánica de Suelos, concreto y Asfaltos de la UANCV en Juliaca, provincia de San Román, región de Puno.

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

Cuando hablamos de población, nos referimos al grupo completo de personas o cosas que son objeto de la investigación. Esta investigación se basa en los datos obtenidos de estas unidades, que comparten una característica que se está investigando y sirven de base para los datos de esta investigación. El término "población" se refiere a una colección de criaturas que comparten algunos rasgos técnicos particulares. Esto según Hernández et al. (2014), página 45.

La población está conformada por hormigones que fueron fabricados en la ciudad de Juliaca y tienen resistencias a la compresión de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>. Estos hormigones han sido tratados a bajas temperaturas.



### 3.5.2. Muestra

Según Hernández et al. (2014), las muestras no probabilísticas también se denominan muestras dirigidas. Esto se debe al hecho de que el investigador elige las instancias basándose en sus propios criterios únicos.

Para mayor comodidad, a continuación, se describe la toma de muestras:

Las resistencias a compresión de los núcleos o probetas de hormigón oscilan entre 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>. En esta sección se ofrece una presentación completa de los siguientes ejemplos:

**Tabla 1**

*Cantidad total de muestras de concreto a elaborar*

DISEÑO DE CONCRETO f'c	ADICION DE ADITIVOS	EXPOSICION A TEMPERATURAS BAJAS	EDAD DEL CONCRETO (Días)	NUMERO DE MUESTRAS
210 kg/cm <sup>2</sup>	-	No	7	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	-	No	14	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	-	No	28	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	-	Si	7	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	-	Si	14	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	-	Si	28	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	Incorporador de aire	Si	7	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	Incorporador de aire	Si	14	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	Incorporador de aire	Si	28	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	Incorporador de Aire y Superplastificante	Si	7	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	Incorporador de Aire y Superplastificante	Si	14	2
210 kg/cm <sup>2</sup>	Incorporador de Aire y Superplastificante	Si	28	2
280 kg/cm <sup>2</sup>	-	No	7	2
280 kg/cm <sup>2</sup>	-	No	14	2
280 kg/cm <sup>2</sup>	-	No	28	2
280 kg/cm <sup>2</sup>	-	Si	7	2
280 kg/cm <sup>2</sup>	-	Si	14	2
280 kg/cm <sup>2</sup>	-	Si	28	2
280 kg/cm <sup>2</sup>	Incorporador de aire	Si	7	2



280 kg/cm2	Incorporador de aire	Si	14	2
280 kg/cm2	Incorporador de aire	Si	28	2
280 kg/cm2	Incorporador de Aire y Superplastificante	Si	7	2
280 kg/cm2	Incorporador de Aire y Superplastificante	Si	14	2
280 kg/cm2	Incorporador de Aire y Superplastificante	Si	28	2
<b>TOTAL DE MUESTRAS</b>				<b>48</b>

Nota: Elaboración Propia

Nota: El ensayo de resistencia se realizará conforme a RNE E.060 promediando las resistencias de dos probetas cilíndricas realizadas a partir de la misma muestra de hormigón y evaluadas a la edad adecuada para determinar la f'c. Realizamos esta acción para determinar las resistencias únicas de cada persona. Realizamos esta acción para averiguar las resistencias únicas que posee cada uno.

### 3.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

#### 3.6.1. Técnica para la recolección de datos

##### Observación Experimental

Esta parte implicará un análisis exhaustivo del impacto que la variable considerada (la variable dependiente) experimentó como resultado del cambio en la variable independiente. Además, el estudio investiga los rasgos de comportamiento particulares que presentan las personas.

#### 3.6.2. Instrumentos para la recolección de datos

**Las listas de control.** El ACI y NTP plantearon los requisitos que siguieron los formularios de recolección de datos que se utilizaron en la investigación.

- La norma que regula la durabilidad del hormigón asfáltico se conoce como ACI 201.2R. Las mezclas de hormigón se diseñan de acuerdo con la norma ACI 211, que regula el proceso de diseño.



- El ensayo de resistencia al hielo-deshielo del hormigón se realiza según la norma ASTM C 666.
- El documento técnico relativo a los aditivos utilizados en el hormigón. Se señala que los productos en cuestión son SikaAer y Sikament 306.
- El documento técnico NTP 339.035:2009 proporciona información sobre el Test de Asentamiento o Slump.

### 3.7. Validez y confiabilidad del instrumento

#### 3.7.1. Validez del instrumento

##### Validez de expertos

"La validez del instrumento es el grado en que una herramienta de medición parece medir con precisión la variable en estudio, según lo determinado por expertos" (Hernández et al., de próxima publicación). Tanto el ACI como la NTP han adoptado los estándares que se han marcado en los instrumentos que se han utilizado en este trabajo en particular.

#### 3.7.2. Confiabilidad del instrumento

##### Repetición de test o prueba Test/retest

"Repetir prueba" se refiere al acto de administrar la misma prueba al mismo individuo o grupo de individuos. La referencia para esta información es Palella y Martins (2012).

El laboratorio realiza muchos ensayos en una sola muestra que se obtiene de la misma muestra de hormigón utilizando el mismo procedimiento.

### 3.8. PROCEDIMIENTO

#### 3.8.1. Estudio y Ubicación de la Cantera de los agregados

La cantera de Yocará fue la fuente de los áridos que se utilizaron en el proceso

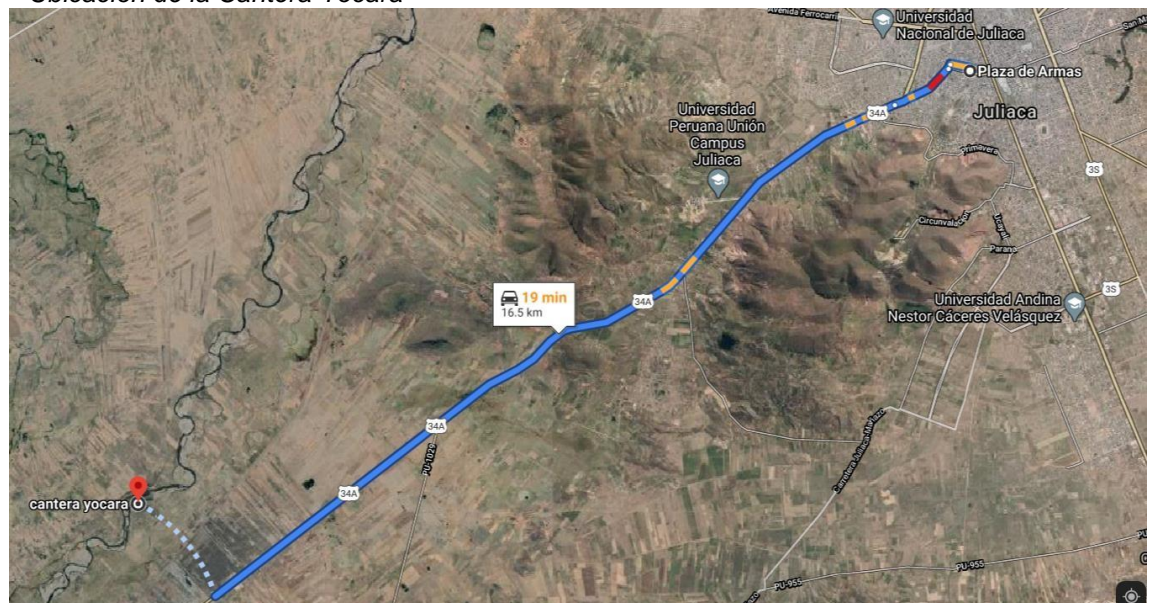
de hacer el hormigón más duradero. En relación a la gran demanda de sus áridos en las obras de construcción de la ciudad de Juliaca, se eligió la cantera no sólo por su accesibilidad, sino también por su ubicación, proximidad y calidad, ambas de su preferencia.

### 3.8.1.1. Cantera Yocará

Se encuentra en la Comunidad de Yocará, en el distrito de Juliaca, provincia de San Román. La distancia entre su actual emplazamiento y éste es de aproximadamente 16,5 kilómetros. Ruta de los Héroes de la Guerra del Pacífico, a menudo denominada ruta Juliaca-Cabanillas, es una carretera asfaltada que da acceso a la mencionada ruta. La carretera en cuestión también es conocida con el nombre de Cabanillas.

Figura N° 11

*Ubicación de la Cantera Yocará*



Nota: Google Maps

### 3.9. Determinación de la dosificación de aditivos incorporador de aire y superplastificante PARA DISEÑAR CONCRETO POR DURABILIDAD

#### 3.9.1. Ensayos realizados en los agregados

##### 3.9.1.1. Obtención en laboratorio de muestras representativas

Para secar la muestra de tierra, se extiende uniformemente sobre una superficie plana sin que la tierra que la rodea la perturbe.

Para evitar cualquier pérdida de material o la introducción de contaminantes desconocidos, la muestra se coloca sobre una superficie nivelada, no contaminada y firme. Se combinan los componentes de manera que se junten formando un montón cónico. Este procedimiento debe repetirse cuatro veces, retirando cada cucharada de la zona inferior y colocándola en la sección superior. Se coloca el montón cónico sobre una superficie nivelada y se extiende para crear una base circular. A continuación, se divide la muestra en cuatro mitades iguales y se distinguen los dos cuartos diagonalmente opuestos entre sí.

**Figura N° 12**

*Cuarteo de materiales obtenidos de la cantera Yocará*



Nota: Elaboración propia

### 3.9.1.2. Contenido de Humedad

#### Procedimiento

Recogemos una muestra indicativa del material que se fragmentó en el pasado y la conservamos en recipientes resistentes a los daños.

Una vez humedecida la muestra, se coloca en el contenedor.

Determina la masa tanto del recipiente como del material que se ha humedecido y escribe el resultado de tu cálculo.

Durante veinticuatro horas, ajuste la temperatura del horno a 110 grados Celsius más o menos cinco grados Celsius. A continuación, introduzca el recipiente en el horno. Una vez deshidratado el artículo y dejado enfriar, el siguiente paso es pesarlo.

#### Figura N° 13

*Peso de la tara más muestra humeda*



*Nota: Elaboración propia*

### 3.9.1.3. Peso específico y absorción de los agregados finos

En un período de 24 horas, deberán realizarse las siguientes mediciones: el peso unitario seco, el peso unitario seco superficial saturado, el peso unitario aparente y la absorción del árido fino. en caso de inmersión en agua.



## Procedimiento

El proceso de fracturación y secado permite obtener aproximadamente mil gramos de agregado fino. Se recomienda remojar la muestra en agua y dejarla reposar durante un día entero. Cuando haya terminado de aplicar el material de forma uniforme sobre una superficie nivelada, deje de hacer lo que esté haciendo y deje que se seque de forma natural. A continuación, coloque el molde cónico y utilice la varilla metálica para golpear ligeramente la superficie un total de veinticinco veces antes de retirar el molde. Es posible que el cono de árido fino mantenga su forma si hay humedad libre presente. Hasta que el cono se desintegre al retirar el molde, el proceso de secado se lleva a cabo continuamente y se controla con frecuencia. Esto continúa hasta que el cono está completamente seco.

Tras la colocación de una cantidad de 500 gramos del producto creado en el recipiente, éste se llena de agua hasta una capacidad de aproximadamente 500 centímetros cúbicos.

Al cabo de una hora, el recipiente se llena completamente de agua y, una vez transcurrida otra hora, se determina su peso.

la cantidad total de agua añadida al recipiente. Después de sacar el agregado fino del frasco, se seca a  $110 \pm 5$  grados centígrados de forma continua hasta que se alcanza un peso estable. Después, se deja a temperatura ambiente durante una hora u hora y media, momento en el que se pesa.

**Figura N° 14**

*Obtención de los pesos del agregado fino más agua método del Picnómetro*



Nota: Elaboración propia

#### **3.9.1.4. Peso específico y absorción de los agregados gruesos (NTP 400.021)**

##### **Procedimiento**

La muestra debe evaporarse hasta alcanzar un peso constante, mientras que la temperatura debe mantenerse a 110 grados centígrados con una desviación estándar de 5 grados. Después, el agregado se sumerge en agua a temperatura ambiente durante un periodo de veinticuatro horas, con un margen de error de cuatro horas. Este es el siguiente paso del proceso.

El método que se utiliza para eliminar el agua es invertir el artículo sobre un paño absorbente hasta eliminar todos los restos visibles de agua. El aire libre se utiliza para secar cada pieza por separado. Durante el proceso de secado de la superficie, es mejor evitar la evaporación en la medida de lo posible.

Una vez finalizado el procedimiento de pesaje, la muestra debe



colocarse en una cesta de alambre después de que se haya saturado completamente y tenga una superficie libre de cualquier humedad. Una vez sumergida la muestra en agua a una temperatura comprendida entre 23 y 24,7 grados centígrados, se determina finalmente el peso de la muestra. La eliminación del aire atrapado debe ser la primera prioridad para un pesaje preciso. Esto puede lograrse agitando violentamente el recipiente mientras está sumergido.

Tras el proceso de bajar la muestra a temperatura ambiente, se somete a un proceso de deshidratación a una temperatura de cien grados centígrados (+ cinco grados centígrados). Este procedimiento dura entre una y tres horas, o hasta que el agregado alcanza una temperatura de cincuenta grados centígrados, momento en el que ya no resulta incómodo tocarlo. Después, la muestra se juzga en función de su peso.

### **3.9.1.5. Peso unitario y porcentaje de vacíos de los agregados fino y grueso**

Este instrumento calcula la densidad y la porosidad de los áridos, independientemente de que sean finos, gruesos o una mezcla de ambos.

#### **Procedimiento**

Para obtener el peso unitario comprimido se realiza el siguiente cálculo: Para asegurarse de que la superficie está nivelada, llene el recipiente hasta un tercio de su capacidad total y nivélelo con las manos. Es posible lograr la uniformidad utilizando la barra compactadora durante un total de 25 golpes. Llene el recipiente hasta

un nivel que sea dos tercios de su capacidad total, asegurándose de que el contenido esté distribuido uniformemente y bien empaquetado. Por último, seguir las indicaciones para completar el proceso de llenado y compactación con firmeza. La superficie del árido se pule con la yema de los dedos. Utilice la báscula para determinar la masa total tanto del contenedor como de su contenido, así como la masa del contenedor en su estado desocupado.

Este método es bastante similar al utilizado para calcular el peso unitario suelto del árido; sin embargo, no incluye el uso del pisón. La muestra debe dejarse caer desde una altura máxima de cincuenta milímetros en el extremo superior utilizando el equipo de medición necesario, como una cuchara, con el fin de establecer la uniformidad. y experimentar una sensación de pesar en la misma línea que en el caso anterior.

#### Figura N° 15

*Apisonado del agregado Grueso en recipiente metálico*



Nota: Elaboración propia

**Figura N° 16**

*Peso del molde más la muestra compactada del agregado grueso*



Nota: Elaboración propia

**Tabla 2**

*Peso unitario suelto del Agregado Fino*

Molde N°	I	II	III
Peso del Molde g	5918	5919	5919
Peso del Molde + Muestra g	9377	9372	9381
Peso Muestra	3458	3453	3462
Volumen del Molde cm <sup>3</sup>	2103.10	2103.10	2103.10
Peso unitario g/cm <sup>3</sup>	1.644239456	1.641862013	1.64614141
Peso unitario Kg/cm <sup>3</sup>	1644.25	1641.87	1646.15

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 3**

*Peso Unitario Compactado del Agregado Fino*

Molde N°	I	II	III
Peso del Molde g	5918	5918	5918
Peso del Molde + Muestra g	9512	9518	9528
Peso Muestra	3591	3600	3610
Volumen del Molde cm <sup>3</sup>	2103.11	2103.10	2103.10
Peso unitario g/cm <sup>3</sup>	1.707954925	1.711758832	1.716513718
Peso unitario Kg/cm <sup>3</sup>	1707.95	1711.76	1716.51

Nota: Elaboración propia



**Tabla 4**

*Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso*

Molde N°	I	II	III
Peso del Molde g	7166	7166	7166
Peso del Molde + Muestra g	12147	12135	12148
Peso Muestra	4982	4968	4983
Volumen del Molde cm3	3228.15	3228.15	3228.15
Peso unitario g/cm3	1.54299152	1.538654653	1.543301286
Peso unitario Kg/cm3	1542.98	1538.64	1543.31

Nota: Elaboración propia

**Tabla 5**

*Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso*

Molde N°	I	II	III
Peso del Molde g	7166	7166	7166
Peso del Molde + Muestra g	12561	12577	12553
Peso Muestra	5392	5408	5384
Volumen del Molde cm3	3228.15	3228.15	3228.15
Peso unitario g/cm3	1.670618994	1.675575403	1.668140792
Peso unitario Kg/cm3	1670.63	1675.59	1668.15

Nota: Elaboración propia

**3.9.1.6. Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos**

Para investigar la distribución granulométrica de los áridos finos y gruesos en una muestra seca de un peso definido, se recomienda utilizar tamices de abertura cuadrada.

**Procedimiento**

Los sombreros se colocan en la parte superior del tamiz, y agregado fino es el término utilizado para describir las partículas que son capaces de pasar a través del tamiz. En orden descendente, se colocan los tamices de forma que el más pequeño esté en la parte inferior y, a continuación, se coloca la muestra en el tamiz que está en

la parte superior de la pila. Los tamices deben agitarse a mano durante el tiempo especificado. Para garantizar que cada tamiz se somete a una fuerza constante, la técnica debe realizarse con breves movimientos circulares.

Tras el tamizado, debe compararse el peso total del material y el peso inicial de la muestra examinada. No debe haber sido superior al 0,3% del peso inicial de la muestra tras su deshidratación.

**Figura N° 17**

*Colocado del Agregado Grueso para el análisis granulométrico*



Nota: Elaboración propia  
**Figura N° 18**

*Material Retenido de agregado grueso en cada Tamiz*



Nota: Elaboración propia



**Cálculos**

El peso total de la muestra seca inicial debe utilizarse para determinar el porcentaje de partículas que pasan por cada tamiz, el porcentaje de partículas retenidas o el porcentaje de partículas que se encuentran en cada tamiz. Esta proporción debe redondearse al 0,1% más próximo.

Sumando los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices que se indican a continuación y dividiendo la suma por 100, se obtiene el módulo de finura: Los tamaños de las partículas se clasifican de la siguiente manera: Algunos de los tamaños disponibles son los siguientes: 150 µm (nº 100), 300 µm (nº 50), 600 µm (nº 30), 1,18 mm (nº 16), 2,36 mm (nº 8), 4,75 mm (nº 4), 9,5 mm (3/8"), 19,0 mm (3/4") y 37,5 mm (1 ½"). A medida que envejecen, sus tamaños se multiplican por dos.

**Tabla 6**

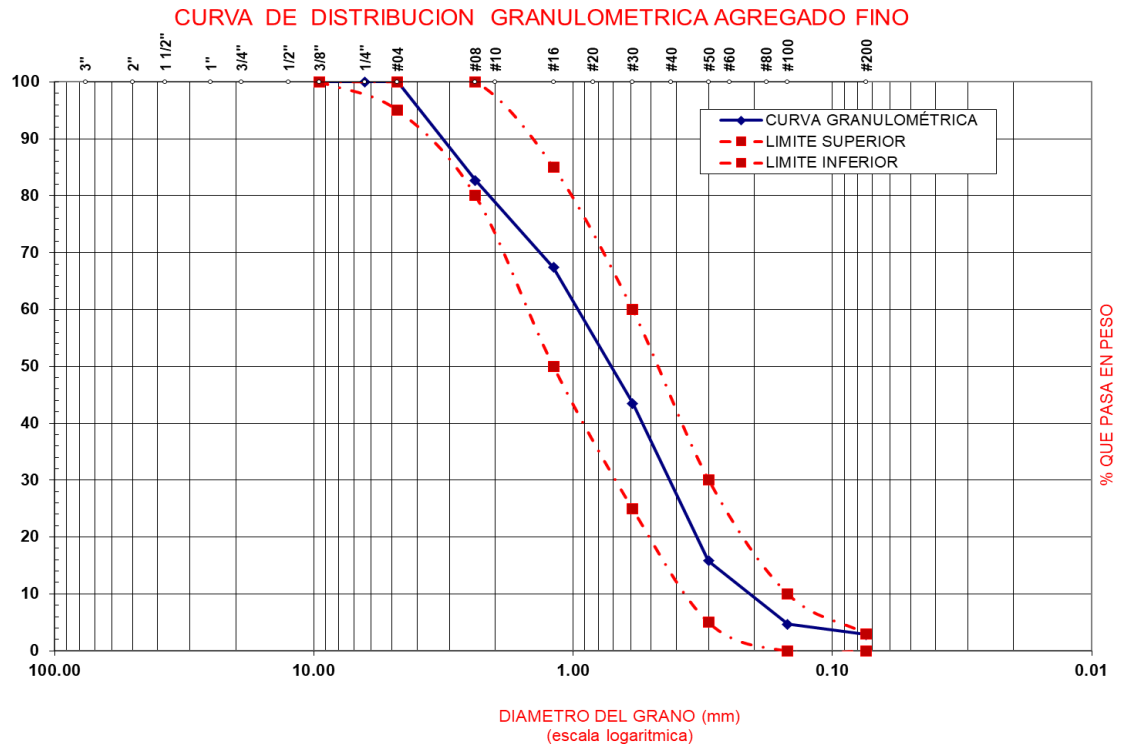
*Análisis Granulométrico del Agregado Fino*

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA	ESPECIF.
Nº4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95-100%
Nº 8	2.380	86.63	17.33	17.33	82.67	80-100%
Nº 16	1.190	76.34	15.27	32.59	67.41	50-85%
Nº 30	0.590	119.73	23.95	56.54	43.46	25-60%
Nº 50	0.300	138.26	27.65	84.19	15.81	10-30%
Nº 100	0.149	55.66	11.13	95.32	4.68	2-10%
Nº 200	0.074	9.13	1.83	97.15	2.85	
<b>BASE</b>		14.24	2.84	100	0.00	
<b>TOTAL</b>		500.00	100.00			
<b>% PERDIDA</b>		2.85				

Nota: Elaboración propia

**Figura N° 19**

*Curva de distribución granulométrica del agregado Fino*



Nota: Elaboración propia

**Tabla 7**

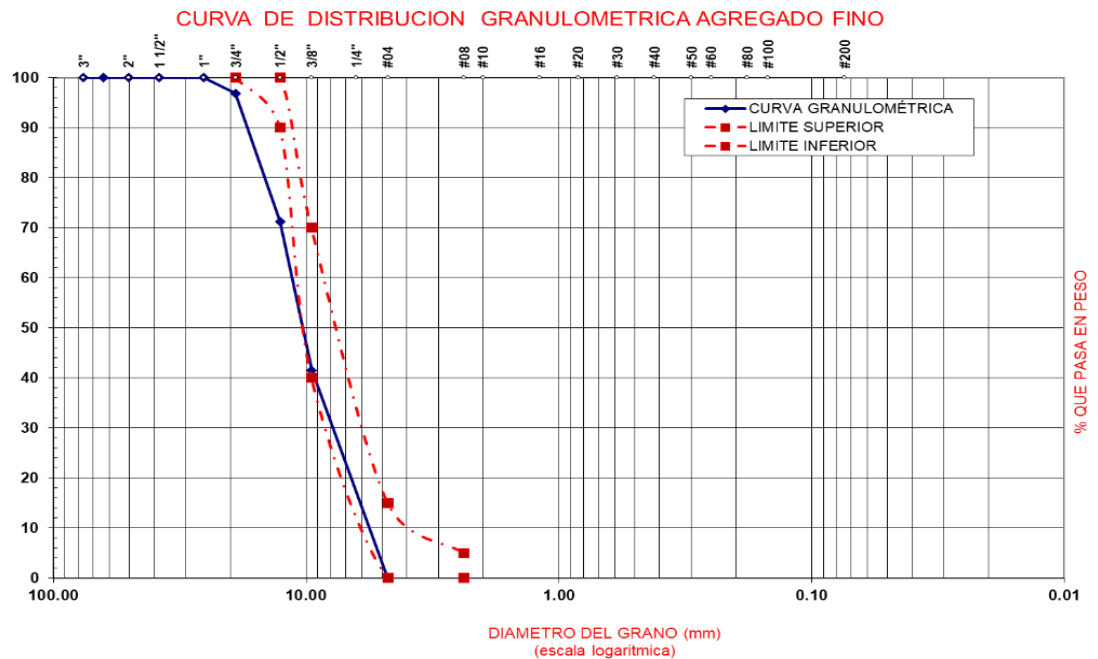
*Análisis Granulométrico del Agregado Grueso*

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% PASA	ESPECIF.
3"	76.200	-	-	-	-	
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
¾"	19.050	157.00	3.14	3.14	96.86	100%
½"	12.700	1281.00	25.62	28.76	71.24	90-100%
3/8"	9.525	1486.00	29.72	58.48	41.52	40-70%
N°4	4.760	2076.00	41.52	100.00	0.00	0-15%
<b>BASE</b>		0.00	0.00	0.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		5000.00	100.00			
<b>% PERDIDA</b>		0.00				

Nota: Elaboración propia

Figura N° 20

Curva de distribución granulométrica del agregado Grueso



Nota: Elaboración propia

### 3.9.2. Diseño de Mezcla de Concreto

El proceso se basa en áridos que cumplen los requisitos físicos y de granulometría especificados en la norma ASTM C-33. Teniendo en cuenta el mayor tamaño del árido y el asentamiento, que miden la trabajabilidad del material, se calcula la cantidad de agua necesaria para la mezcla. El volumen del árido grueso firmemente compactado y sin humedad se determina teniendo en cuenta muchos criterios, como el tamaño máximo de la piedra y el módulo de finura de la arena. Además, ofrece una clara relación entre la resistencia a la compresión del material y la proporción en peso de cemento y agua. El material que se utiliza en una referencia concreta puede rastrearse hasta su fuente original utilizando la frase "Pasquel, 1993, página 187".

exclusivamente para el hormigón de peso normal, el comité ACI 211 estableció un enfoque de diseño de mezclas destinado exclusivamente a este material. Las etapas del proceso de diseño de la investigación se describen en los párrafos siguientes:



### 3.9.2.1. Selección de Resistencia Promedio

El diseño elegido posee una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Se utiliza el rango 210 a 350 para **f'cr (kg/cm<sup>2</sup>):** f'c+84:

$$f'c = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.9.2.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal del agregado

Para el diseño, el tamaño nominal más grande que se puede utilizar es ½ pulgada.

### 3.9.2.3. Selección del Asentamiento

Hay una consistencia "plástica" que varía de tres a cuatro pulgadas para el asentamiento de este diseño.

### 3.9.2.4. Selección del Volumen Unitario de agua de diseño

Tanto el asentamiento (tres a cuatro pulgadas) como el tamaño nominal máximo (media pulgada).

Cuando se fabrica hormigón sin aire incorporado, se necesitan 216 litros de agua por metro cúbico. Esto se basa en un tamaño nominal máximo de media pulgada y una caída de tres a cuatro pulgadas.

### 3.9.2.5. Selección del contenido de Aire

Los datos presentados indican que cuando el tamaño nominal máximo es de ½ pulgada, la fracción de aire que corresponde a este tamaño resulta ser del 2,5%.

### 3.9.2.6. Selección de la relación agua-cemento

Con un valor f'cr de 294 kg/cm<sup>2</sup>, las muestras de hormigón más comunes tienen una relación w/c de 0,55. Esta relación se debe a que el hormigón convencional no incluye aire incorporado. Esta relación se debe a que el hormigón convencional no incluye aire incorporado.



**3.9.2.7. Factor cemento**

Dada la información que se recopiló de las tablas anteriores, el cemento requerido será el siguiente:

$$\frac{216}{0.55} = 392.71 \approx 393 \text{ kg/cm}^3$$

**3.9.2.8. Contenido de Agregado Grueso**

Con base en la información proporcionada, continuamos interpolando los siguientes valores para un tamaño nominal máximo de ½ pulgada y un módulo de finura de 2,86. Para obtener el peso en seco del árido grueso, debe multiplicarse el peso unitario compactado (1671) por la fórmula mencionada a continuación:

$$0.554 * 1671 = 909 \text{ kg/m}^3$$

**3.9.2.9. Cálculo de volúmenes absolutos**

Una vez calculadas las cantidades adecuadas de cemento, árido grueso y agua, los componentes finales necesarios para construir un metro cúbico de hormigón son la arena y el aire atrapado. Para determinar la cantidad necesaria de arena se tiene en cuenta el volumen absoluto, y los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Volumen absoluto de agua	= (210) / (1000)	= 0.216
Volumen absoluto de cemento	= (393) / (2.88*1000)	= 0.136
Volumen absoluto de agregado grueso	= (909) / (2.53*1000)	= 0.359
Volumen de aire atrapado	= (2.5) / (100)	= <u>0.025</u>
Volumen Sub total		= 0.737

### 3.9.2.10. Contenido de Agregado Fino

Como consecuencia de ello, el peso necesario de arena seca puede determinarse mediante la siguiente fórmula:  $(1000 \text{ menos } 0,737) = 0,263 \text{ metros cúbicos } (0,263) * (2,55)$ , multiplicado por 1000, lo que da como resultado 673 kilos por metro cúbico.

### 3.9.2.11. Cantidad de Material por m3 en peso

Tabla 8

*Cantidad de materiales por m3 en peso*

Materiales por m3 en peso	
Cemento	392 Kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	215 Lt/m <sup>3</sup>
Agregado grueso seco	908 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado fino seco	672 Kg/m <sup>3</sup>

Nota: Elaboración propia

### 3.9.2.12. Corrección por Humedad del agregado

Debido a que los resultados de las pruebas de laboratorio indican que existe un cierto porcentaje de humedad, es fundamental ajustar el peso de los áridos.

$$\text{Agregado Grueso húmedo} = (908) * (1+3.07/100) = 938 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino húmedo} = (672) * (1+6.28/100) = 716 \text{ kg/m}^3$$

### 3.9.2.13. Contribución de agua de los agregados

Dado que el agua utilizada para la absorción no forma parte del agua de mezcla, es necesario modificarla para tener en cuenta su inclusión.

A continuación, se muestra un cálculo del contenido efectivo de agua:

$$216 - 909 * \left( \frac{3.06 - 1.82}{100} \right) - 673 \left( \frac{6.27 - 2.89}{100} \right) = 182 \text{ Lt/m}^3$$



### 3.9.2.14. Cantidad de Materiales corregidos por m3 de concreto

**Tabla 9**

*Valores corregidos por m3 de diseño*

Materiales corregidos	
Cemento	392 Kg/m3
Agua efectiva	183 Lt/m3
Agregado grueso Húmedo	938 Kg/m3
Agregado fino Húmedo	716 Kg/m3

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.2.15. Proporciones en peso de los materiales corregidos

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 393 / 393 = 1 \\ \text{Agua} &= 182 / 393 = 0.46 \\ \text{Agregado Grueso} &= 937 / 393 = 2.39 \\ \text{Agregado Fino} &= 715 / 393 = 1.82 \end{aligned}$$

### 3.9.2.16. Cantidad de materiales corregidos por Bolsa

**Tabla 10**

*Proporciones por tanda de bolsa*

Proporciones por tanda de bolsa	
Cemento	392 Kg/m3
Agua efectiva	181 Lt/m3
Agregado grueso Húmedo	938 Kg/m3
Agregado fino Húmedo	716 Kg/m3

Nota: Elaboración propia



Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 11**

*Dosificación de Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , método ACI 211*

AGREGADO	Dosificación en peso seco (kg/m <sup>3</sup> )	Proporción en volumen PESO SECO	Dosificación en peso húmedo (kg/m <sup>3</sup> )	Proporción en volumen PESO HUMEDO
Cemento	393	1.00	393	1.00
Agua	216	0.55	182	0.46
Agreg. Grueso	909	2.32	937	2.39
Agreg. Fino	673	1.71	715	1.82
Aire	2.5%		2.5%	

Nota: Elaboración propia

El diseño de la mezcla de hormigón se completó con un valor de resistencia  $f'c$  de  $280 \text{ kg/cm}^2$ , igual que en el ejemplo anterior. La tabla 25, que ofrece un resumen sucinto de la información recopilada, está disponible aquí.

**Tabla 12**

*Dosificación de Concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , método ACI 211*

AGREGADO	Dosificación en peso seco (kg/m <sup>3</sup> )	Proporción en volumen PESO SECO	Dosificación en peso húmedo (kg/m <sup>3</sup> )	Proporción en volumen PESO HUMEDO
Cemento	470	1.00	470	1.00
Agua	216	0.46	184	0.39
Agreg. Grueso	909	1.94	937	2.00
Agreg. Fino	605	1.29	642	1.37
Aire	2.5%		2.5%	

Nota: Elaboración propia



### 3.9.3. Diseño de Mezcla según los grupos de Prueba

Las dosificaciones para ambos diseños se estimaron una vez decidido el diseño, y fueron de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Para las muestras cilíndricas de 15 centímetros por 30 centímetros, se realizó un cálculo para establecer el peso de los materiales que se necesitarían para fabricar una sección de hormigón. Estas muestras se someterán a una serie de investigaciones. En cuanto a la compresión de los datos.

Se utilizó una tasa de 0,06% en peso de cemento para aplicar el aditivo de inclusión de aire Sika Aer al hormigón para un hormigón con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, y una tasa de 0,07% en peso de cemento para el diseño con una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> para el hormigón. La composición del hormigón fue el factor que determinó dos porcentajes diferentes. Para determinar estos porcentajes y cumplir con el contenido de aire requerido de 5,50% que fue definido por ACI 201.2R, se llevó a cabo una prueba de contenido de aire antes de esta actividad. Los porcentajes del componente superplastificante Sikament 306 que se utilizaron se indican en el siguiente orden: El peso del cemento representa el 0,8% del peso total en el diseño con 210 kg/cm<sup>2</sup>, pero en el diseño con 280 kg/cm<sup>2</sup>, representa el 1,1% del peso total. El asentamiento necesario para el concreto con consistencia plástica se define como de tres a cuatro pulgadas, y estos porcentajes se calculan en función de ese requisito.

La proporción entre agua y cemento es de 0,55, aunque puede variar en función de la cantidad de cemento y agua utilizada. La proporción caracteriza esta relación específica. Tras 28 días, la resistencia a la compresión del hormigón fue de 190,04 kg/cm<sup>2</sup> después de añadir a la mezcla un 0,06% de incorporador de aire. Por lo tanto, se determinó la resistencia del hormigón. Tras la inyección de 0,07% de



incorporador de aire, la resistencia a la compresión del hormigón se comprobó en 257,015 kg/cm<sup>2</sup>. Se produjo un notable aumento de la resistencia por encima del valor de referencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> del hormigón. Se hace una comparación entre el primer número, que representa el 90,45% de la resistencia necesaria, y el segundo resultado, que representa el 91,79% de la misma resistencia.

Para determinar la relación agua-cemento, se utiliza un procedimiento de interpolación.

**Tabla 13**

*Además del arrastre de aire, la resistencia a la compresión del hormigón*

F'c requerido	Relación agua cemento de concreto +incorporador de aire	Resistencia a la compresión a los 28 días
210	0.55	190.05
280	0.46	257.03

*Nota:* Elaboración propia

Dado que la resistencia que se quiere conseguir es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se sustituye en Y lo siguiente:

$$210 = \frac{x - 0.55}{-0.09} * (66.98) + 190$$

Despejando X:

$$x = 0.523 \approx 0.52$$

Esto es lo que se encontró que era cierto para el concreto con un valor f'c de 280:

Es necesario producir una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>, que puede sustituirse en y:

$$280 = \frac{x - 0.55}{-0.09} * (66.98) + 190$$



Encontrar la solución para X:

$$x = 0.429 \approx 0.43$$

La cantidad de agua puede reducirse en comparación con las dosis que se alcanzaban anteriormente gracias a las nuevas relaciones agua-cemento encontradas.

$$F'c=210 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'c= 280 \text{ kg/cm}^2$$

Las cantidades de medicación que se van a administrar a cada uno de los grupos de control se resumen en los párrafos siguientes.

**Tabla 14**

*Diseño de mezclas  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para grupos de prueba*

Materiales	Concreto patrón	Concreto con incorporador de aire	Concreto con incorporador de aire + superplastificante
	CP	IA	IA+SP
Cemento	393 kg/m <sup>3</sup>	393 kg/m <sup>3</sup>	393 kg/m <sup>3</sup>
Agua	217 lt/m <sup>3</sup>	217 lt/m <sup>3</sup>	204 lt/m <sup>3</sup>
Agreg. Grueso	908 kg/m <sup>3</sup>	908 kg/m <sup>3</sup>	908 kg/m <sup>3</sup>
Agreg. Fino	673 kg/m <sup>3</sup>	673 kg/m <sup>3</sup>	673 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo			
Incorporador de aire Sika Aer	-	0.2357 kg/m <sup>3</sup>	0.2357 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo superplastificante Sikament 306	-	-	3.143 kg/m <sup>3</sup>

*Nota:* Elaboración propia

Tabla 15

*Diseño de mezclas  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> para grupos de prueba*

Materiales	Concreto patrón	Concreto con incorporador de aire	Concreto con incorporador de aire + superplastificante
	CP	IA	IA+SP
Cemento	470 kg/m <sup>3</sup>	470 kg/m <sup>3</sup>	470 kg/m <sup>3</sup>
Agua	216 lt/m <sup>3</sup>	216 lt/m <sup>3</sup>	202 lt/m <sup>3</sup>
Agreg. Grueso	909 kg/m <sup>3</sup>	909 kg/m <sup>3</sup>	909 kg/m <sup>3</sup>
Agreg. Fino	605 kg/m <sup>3</sup>	605 kg/m <sup>3</sup>	605 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo			
Incorporador de aire Sika Aer	-	0.329 kg/m <sup>3</sup>	0.329 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo superplastificante Sikament 306	-	-	5.16 kg/m <sup>3</sup>

*Nota: Elaboración propia*

#### 3.9.4. Equipos e instrumentos

**Mezcladora** Crear una lechada es el objetivo de la hormigonera, que está diseñada para mezclar cemento, agregados, agua y otros aditivos, incluidos productos químicos inclusores de aire y superplastificantes, entre otras cosas. La batidora utilizada tenía un volumen de 125 litros y una potencia de 550W.

**Congeladora** El congelador se utilizó para replicar condiciones bajo cero con el fin de crear ciclos de congelación dentro del rango de temperatura de -15°C a -5°C.

**Termómetro Digital** El termohigrómetro digital permite medir con precisión la temperatura ambiente, así como la temperatura dentro de los congeladores y

la temperatura interior dentro de los materiales protectores utilizados para los materiales sugeridos, a los que estarían expuestas las muestras de concreto. El experimento se realizó utilizando un termohigrómetro digital de la marca BOECO, que tiene un rango de temperatura de -50 grados Celsius a +70 grados Celsius. En términos de precisión de temperatura, el dispositivo ofrece un rango de  $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ .

Moldes Se utilizó una sustancia impermeable y no higroscópica para crear los moldes que se utilizaron para crear las pruebas cilíndricas de hormigón. Como puede verse en la siguiente ilustración, los moldes medían 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros de altura.

**Figura N° 21**

*Sikament 306 presentación Cilindro 200L*



*Nota: Elaboración propia*

**Figura N° 22**

Aditivo incorporador de aire Sika Aer 4 Litros



*Nota:* Elaboración propia

**Figura N° 23**

*Congeladora Utilizada para el proyecto*



*Nota:* Elaboración propia

**Figura N° 24**

*Termohigrómetro marca Boeco utilizado*



*Nota: Elaboración Propia*

### **3.9.5. Elaboración de probetas de concreto**

Los métodos utilizados en la creación de los especímenes de hormigón siguieron los procedimientos descritos en la NTP 339.183, la metodología estándar para la preparación y el curado de especímenes de hormigón. Se utilizaron moldes cilíndricos con un diámetro de 15 centímetros y una altura de 30 centímetros. La resistencia de las probetas osciló entre 210 y 280 kilogramos por centímetro cuadrado. Como se muestra en la siguiente imagen, había 48 briquetas en total, que se dividieron en cuatro grupos:

- El hormigón preparado sin utilizar productos químicos y curado mediante el procedimiento de curado sumergido se denomina hormigón estándar (SC). Este tipo de hormigón tiene resistencias a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. La resistencia de seis de los casos era de 210 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la de los seis ejemplos restantes era de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Como consecuencia de ello, se creó un grupo de doce muestras en total. Estas muestras se someterán a ensayos de compresión una vez transcurridos siete, catorce y veintiocho días.



- Hormigón que cumple las normas CP-CD pero que ha sufrido múltiples ciclos de congelación y descongelación debido a lo siguiente: El hormigón se sumergió en agua y se sometió a múltiples ciclos de congelación y descongelación a lo largo del proceso de curado. La resistencia a la compresión del hormigón era de 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, y en el proceso no se utilizaron materiales que contuvieran sustancias químicas. Se descubrió que la resistencia de seis de los ejemplos era de 210 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la de los otros seis casos era de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Como resultado, se hicieron doce muestras en total para su examen. Estas muestras se someterán a pruebas de compresión en siete, catorce y veintiocho días.
- Se utilizó Sika Aer, un aditivo aireante, para obtener resistencias a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> en el caso del hormigón. Para ello, se utilizó hormigón con aditivo aireante. A continuación, el hormigón se calentó mediante ciclos de congelación-descongelación y se dejó curar en agua. Se obtuvieron seis probetas cilíndricas con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> y otras seis probetas con una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de Sika Aer. En ambas probetas se había añadido Sika Aer. Las resistencias a la compresión de estas probetas se evaluarán a los siete, catorce y veintiocho días, por este orden.
- El hormigón IA+SP se obtiene añadiendo a la mezcla de hormigón el superplastificante Sikament 306 y el aditivo aireante Sika Aer. Las resistencias habituales de este tipo de hormigón se sitúan entre 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>. Tras someterse a ciclos de congelación-descongelación, el hormigón mencionado se ha curado muy profundamente. En total se crearon seis piezas de prueba distintas. Cada probeta tiene una resistencia de 210 kilogramos por centímetro cuadrado como resultado del uso de Sika Aer y Sikament 306 durante todo el proceso de producción. También se

añadieron Sika Aer y Sikament para crear un segundo conjunto de seis probetas que se construyeron simultáneamente y que tenían una resistencia de 280 kilogramos por centímetro cuadrado. Estas muestras se fabricaron el mismo día. Cada una de estas probetas se someterá a ensayos de compresión transcurridos siete, catorce y veintiocho días.

#### Figura N° 25

*Para preparar las muestras de hormigón, el cemento se pesó a 210 kg/cm<sup>2</sup>.*



*Nota: Elaboración propia*

#### 3.9.6. **Mezclado y colocado de concreto a los moldes cilíndricos**

La estrategia para ingresar componentes en el mezclador es seguir siempre la misma manera para cada combinación que se enumera a continuación:

- La estrategia para ingresar componentes en el mezclador es seguir siempre la misma manera para cada combinación que se enumera a continuación:
- Limpiar a fondo el interior de los moldes y aplicar una capa de aceite.
- Antes de comenzar el proceso de vertido del hormigón, compruebe que los moldes tienen unas medidas de 15 centímetros por 30 centímetros. Como consecuencia de ello, el hormigón debe mezclarse en tres capas distintas. Una vez rellena la capa inicial de cada molde, se empuja hacia abajo un total de veinticinco veces para garantizar que se compacta de forma homogénea en toda su sección transversal. Además, los moldes se golpean

alrededor de sus bordes exteriores con un martillo de goma entre diez y quince veces. De acuerdo con los requisitos que se especifican en la NTP 339.033-2009, se han implementado estos procesos. La segunda y tercera capas de hormigón se vierten una vez completada la superficie de la primera capa de hormigón.

- Transcurridas veinticuatro horas, las muestras se extraen de sus moldes y se etiquetan con los códigos que se han comentado anteriormente, junto con el peso de las muestras y la fecha en que se fabricaron.

**Figura N° 26**

*Elaboración de probetas de Concreto*



**Figura N° 27**

*Elaboración de probetas cilíndricas*



### 3.9.7. *Curado de los Especímenes*

Una vez finalizado el proceso de preparación, las briquetas que se iban a utilizar para las pruebas mecánicas se almacenaron durante un periodo de veinticuatro horas dentro de los moldes en los que se habían creado.

Una vez transcurrido el período de 24 horas, las briquetas que se van a utilizar para los ciclos de congelación-descongelación se lavan en agua durante el día y, a continuación, se colocan en el congelador para su almacenamiento durante la noche. A continuación, se evalúa la eficacia de las briquetas a los 7, 14 y 28 días. Lo mismo ocurrió con las muestras de hormigón simple: se sumergieron en agua hasta que se realizaron las pruebas que debían evaluar.

#### **Figura N° 28**

*Curado de probetas sumergidas en agua*



### 3.9.8. *Sometimiento de especímenes a ciclos de hielo y deshielo*

Los ciclos de congelación y descongelación son algunos de los muchos fenómenos meteorológicos recurrentes que tienen lugar en la sierra nevada de Perú, incluida la ciudad de Juliaca, entre mayo y septiembre. La calidad del hormigón utilizado en los proyectos de construcción en esta zona se ve directamente afectada por estos fenómenos.

Los ciclos de congelación-descongelación se aplicaron al hormigón de acuerdo con los criterios de la norma ASTM C666 y la bibliografía pertinente. Este método consiste en congelar y descongelar muestras de hormigón en un

laboratorio para comprobar la resistencia de los materiales a los cambios de temperatura. Para ello se utilizan diversas técnicas:

El procedimiento A consiste en congelar y descongelar rápidamente una sustancia en agua, mientras que el procedimiento B consiste en congelar rápidamente una sustancia en aire y descongelarla después en agua. Ambos procedimientos se realizan para determinar la temperatura de la sustancia.

Cada método se utiliza para determinar la influencia que tienen los ciclos de congelación-descongelación en la variabilidad de las cualidades del hormigón.

En esta investigación se utilizó la técnica B para poder investigar ciertas variaciones. Nuestro objetivo era crear una simulación de ciclos de congelación-descongelación lo más parecida posible a los ciclos reales observados. Para replicar el fenómeno natural se establecen dos etapas distintas: congelación y descongelación.

**Figura N° 29**

*Probetas sometidas a congelamiento*



### 3.9.8.1. Fase de congelamiento

El primer paso consistió en la producción de un entorno artificial, que incluía la simulación de una temperatura que se mantenía por debajo del punto de congelación. Para realizar esta simulación se utilizó un congelador que es capaz de mantener temperaturas entre -5 grados

centígrados y -15 grados centígrados. Mientras dura esta fase, que dura catorce horas y toda la noche, las muestras cilíndricas se introducen en el interior del congelador, diseñado para imitar un entorno artificial.

### 3.9.8.2. Fase de deshielo

Al realizar esta fase se hace durante las horas del día, teniendo en cuenta las características particulares de las condiciones climáticas naturales, y prestando especial atención a la temperatura del entorno circundante. Esta fase consta de un total de 10 horas. Una vez considerada la fase de congelación y descongelación, se da por concluido el ciclo. El proceso de deshielo comenzó alrededor de las 8:00 horas. Las muestras que quedaron dentro del congelador fueron sacadas y expuestas a la atmósfera durante 5 horas. A esto siguió un período de seis horas durante el cual estuvieron completamente sumergidos en la piscina de curado.

**Figura N° 30**

*En un entorno natural, tubos de ensayo a los que se ha dejado derretir*





## 3.10. PROCEDIMIENTO PARA ANALIZAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

### 3.10.1. *Ensayos del concreto en estado fresco*

Para analizar las cualidades del hormigón en su estado fresco, se llevan a cabo muchas pruebas después de que el hormigón se ha mezclado completamente hasta que esté listo para verterlo en los moldes. Estas pruebas incluyen el examen del contenido de aire, la medición del asentamiento y la estimación del peso unitario.

La evaluación de las propiedades del hormigón recién mezclado es de suma importancia, ya que nos permite conocer las cualidades específicas del hormigón y realizar los ajustes necesarios para cumplir nuestros requisitos.

Ejemplos de diversos parámetros son la finura de los áridos, el tamaño máximo nominal de los áridos gruesos y la diversidad en la granulometría de los áridos. Muchas variables, como el módulo de los áridos, el tipo de cemento utilizado, las propiedades de los aditivos, la dosificación adecuada de los aditivos y la técnica de aplicación, influyen en las propiedades del hormigón nuevo. Las partes están reunidas. Este material se publicó en 2000 y procede de Rivva.

#### 3.10.1.1. **Ensayo de Asentamiento o Slump**

Primero humedecemos el molde antes de colocarlo sobre una superficie lisa, firme, húmeda e impermeable. Así realizamos la prueba. Asegurar un agarre firme del molde es crucial para garantizar la estabilidad al rellenar el perímetro del molde y limpiarlo. Este objetivo puede lograrse de varias maneras, como montando el molde sobre estribos o fijándolo a una placa base mediante un mecanismo de sujeción. El molde cónico se llena rápidamente en tres etapas, ocupando cada capa alrededor de un tercio del volumen total del molde.



Los trabajadores vierten el hormigón en el molde con una cuchara. De manera metódica, movemos la pala alrededor del perímetro del agujero del molde para garantizar que el hormigón se distribuya uniformemente y minimizar cualquier separación que pueda producirse.

A lo largo de toda la sección transversal de cada capa, el proceso de unión se realiza de manera constante las veinticinco veces. Una pequeña inclinación de la varilla y la aplicación de aproximadamente la mitad de los trazos hacia el borde exterior son pasos necesarios en el proceso de creación de la capa inferior. Después de eso, proceda con golpes verticales y en espiral en dirección al centro. La corrosión se distribuye uniformemente en todo el espesor de la capa que se encuentra en la parte inferior. Para lograr el resultado deseado de garantizar que los impactos solo alcancen la capa inferior unos 25 milímetros, es necesario fusionar completamente la segunda capa y la capa superior (capa superior). Es necesario que la varilla se extienda unos 25 milímetros hasta la capa situada debajo de la capa superior y también que atraviese completamente la capa contigua.

Como resultado del sobrellenado y compactación de la capa superior de hormigón, se excede la capacidad del molde antes de que se compacte el hormigón. Para garantizar que siempre haya un exceso de hormigón en la superficie del molde, se inyectará hormigón adicional en el molde si la superficie del hormigón es inferior al borde superior del molde mientras se lleva a cabo el proceso de varillado. En resumen, después de compactar la última capa con una varilla de apisonado, se debe nivelar la superficie del hormigón y, a continuación, utilizar la varilla que se utilizó para aplastar la capa anterior para extender el hormigón. Sujete firmemente el molde y retire

metódicamente el hormigón que quede alrededor de la base del molde. Esto asegurará que no haya ningún obstáculo para el flujo del hormigón que se está liberando. Retire inmediatamente el molde levantándolo en posición vertical y haciéndolo con muy poca fuerza. Con un movimiento constante hacia arriba que no implique ningún movimiento lateral ni de rotación, el objetivo es levantar el molde hasta una altura de 300 milímetros en un plazo de 5 segundos y un rango de 2 segundos. En un lapso de dos minutos y medio, la prueba debe realizarse de forma continua, empezando por el proceso de llenado y terminando con el desmoldeo.

La diferencia vertical entre el punto más alto del molde y el centro de la superficie superior de la probeta que se desplazó inicialmente es lo primero que hay que decidir para determinar la cantidad de asentamiento. Cualquier hundimiento, colapso o separación visible y medible de un componente de la masa de hormigón se considera una violación del ensayo, y éste se considera inválido. En este caso concreto, se realiza un segundo ensayo en la probeta del espécimen utilizando un lugar diferente.

### Figura N° 31

*Examinar la crisis o Slump*

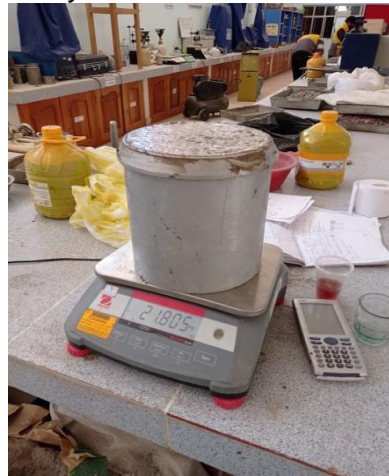


### 3.10.1.2. Ensayo de Peso Unitario

Determinar la densidad del hormigón cuando aún estaba fresco era uno de los principales objetivos de la prueba. La masa total del hormigón se dividió por el volumen del molde para obtener la densidad del material. La masa del molde lleno de hormigón se resta de la masa del molde vacío de hormigón para determinar la masa neta.

**Figura N° 32**

*Ensayo Peso Unitario del concreto en estado fresco*



### 3.10.1.3. Ensayo de Contenido de Aire

El interior del recipiente se empapa con agua después de seleccionar una muestra representativa de la colección. Luego se coloca el recipiente sobre una superficie nivelada y plana. A la hora de llenar el recipiente se recomienda utilizar tres capas de igual capacidad, llenándose la tercera capa algo más arriba que las dos anteriores. La punta semiesférica de la varilla debe penetrarse 25 veces para comprimir cada capa, y estas penetraciones deben dispersarse uniformemente sobre la sección. Esta es la recomendación que se ha hecho.

Para asegurarse de que la capa inferior penetre a una distancia de una pulgada (25 mm), aplique presión a la segunda y tercera capas respectivamente. Después de compactar cada capa, use el mazo para



darle a los lados del recipiente de diez a quince golpes firmes. para evitar la posibilidad de que queden burbujas de aire atrapadas dentro de la muestra. Usando la regla que estaba en el borde superior del molde, aplicó una regla al concreto. Después de eso, retiró cualquier muestra adicional del margen del recipiente.

Antes de sujetar la tapa de la olla Washington a la base de la olla mediante las mordazas, el interior de la tapa debe limpiarse y humedecerse a fondo. Las mordazas no sólo se constriñen por pares, sino también en disposición cruzada.

Para completar la tarea, hay que retirar ambos grifos de purga a través de la tapa, cerrar la válvula de aire principal que conecta la cámara con el recipiente y abrir cada grifo de purga. Una vez inyectada el agua a través de uno de los grifos de purga, el siguiente paso consiste en esperar a que salga por el otro grifo de purga.

Para asegurarse de que se ha eliminado todo el aire, siga inyectando agua a través del grifo de purga mientras mueve y golpea el manómetro. La válvula de purga de aire debe cerrarse e inyectar aire en la región en cuanto el manómetro alcance la línea de presión de la cámara de arranque. Espere un breve período de tiempo para que la temperatura del aire comprimido alcance el mismo nivel que el aire circundante y para que la medición de la presión se estabilice. Al bombear, puede ajustar el manómetro para que esté alineado con la línea de presión inicial. Si es necesario, también puede dejar salir el aire dando golpecitos con la palma de la mano. Los grifos de drenaje deben estar cerrados. Abra la válvula primaria entre el contenedor y la cámara de aire. Utilice el mazo para darle un buen golpe a los lados del recipiente. Para garantizar que la lectura sea precisa, debe leer el porcentaje de aire mientras golpea suavemente el manómetro con la

palma. Realice un cálculo preciso del contenido de aire.

**Figura N° 33**

*Olla de Washington*



*Nota: Elaboración propia*

**Figura N° 34**

*Se requiere el contenido de aire para una resistencia a la compresión de 280 kg/cm<sup>2</sup>, además de la inclusión de Sika Aer a una concentración del 0,07%.*



*Nota: Elaboración propia*

### 3.11. Procedimiento para determinar la resistencia a la compresión del concreto a 7, 14 y 28 días, adicionando aditivo incorporador de aire y superplastificante

#### 3.11.1. Ensayo del concreto en estado endurecido

##### 3.11.1.1. Ensayo de Resistencia a compresión

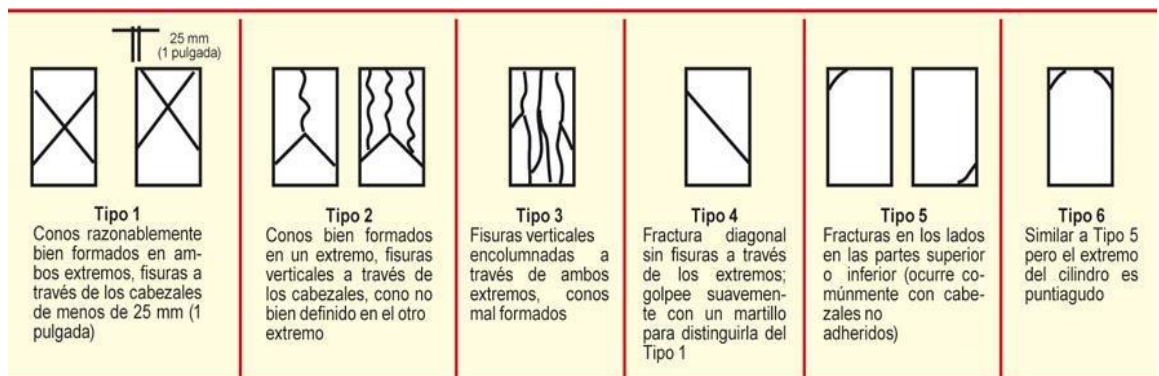
Para el ensayo de compresión del hormigón, se utilizaron probetas cilíndricas de acuerdo con el «Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón», desarrollado inicialmente en el marco del Programa Técnico Nacional 339.034-2018. La mayoría de las características del hormigón mejoran con la resistencia, y el ensayo de resistencia a la compresión es más fácil de realizar. La resistencia a la compresión se emplea por este motivo. La resistencia mecánica del hormigón es la fuerza máxima que se puede aplicar a una unidad de superficie por muestra del material antes de que éste se fracture por compresión, por ejemplo, al agrietarse. El trabajo realizado en 1994 por Abanto Castillo.

#### Tipos de Fractura

Según la norma ASTM C39, las posibles formas de fracturas incluyen:

Figura N° 35

*Tipo de falla de cilindros de prueba estándar*



Nota: ASTM C39

**Figura N° 36**

*Mida el diámetro de la muestra para determinar su resistencia.*



*Nota: Elaboración propia*

**Figura N° 37**

*Prueba de resistencia a la compresión*



*Nota: Elaboración propia*



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados de la dosificación adecuada de aditivos incorporador de aire y superplastificante para diseñar concreto por durabilidad

En el marco del proceso de diseño de la mezcla de concreto se utilizó la metodología ACI-211, la cual fue desarrollada por el American Concrete Institute. Se consideraron apropiadas las siguientes dosis de aditivos:

Se utilizó la prueba de contenido de aire para determinar la dosis adecuada del aditivo inductor de aire. Esto se logró determinando las cantidades exactas del aditivo. Se obtuvieron descubrimientos como los que se enumeran a continuación:

**Tabla 15**

*Dosis óptima del aditivo inductor de aire Sika Aer para hormigón de larga duración*

F'c	Cantidad de aditivo incorporador de aire Sika Aer	Porcentaje en relación al peso del cemento
210	0.2358 kg/m <sup>3</sup>	0.06%
280	0.329 kg/m <sup>3</sup>	0.07%

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 16***Dosis óptima de aditivo superplastificante Sikament 306 para hormigón de larga duración*

F'c	Cantidad de aditivo superplastificante Sikament 306	Porcentaje en relación al peso del cemento
210	3.145 kg/m <sup>3</sup>	0.81%
280	5.16 kg/m <sup>3</sup>	1.11%

*Nota:* Elaboración propia

En resumen, las dosis obtenidas para los distintos grupos de control son las siguientes:

**Tabla 17***Resultado de dosis óptimas La resistencia a la compresión del material es de 210 kg/cm<sup>2</sup>.*

Materiales	Concreto patrón	Concreto con incorporador de aire	Concreto con incorporador de aire + superplastificante
	CP	IA	IA+SP
Cemento	393 kg/m <sup>3</sup>	393 kg/m <sup>3</sup>	393 kg/m <sup>3</sup>
Agua	216 lt/m <sup>3</sup>	216 lt/m <sup>3</sup>	204 lt/m <sup>3</sup>
Agreg. Grueso	909 kg/m <sup>3</sup>	909 kg/m <sup>3</sup>	909 kg/m <sup>3</sup>
Agreg. Fino	673 kg/m <sup>3</sup>	673 kg/m <sup>3</sup>	673 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo			
Incorporador de aire Sika Aer	-	0.2358 kg/m <sup>3</sup>	0.2358 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo superplastificante Sikament 306	-	-	3.144 kg/m <sup>3</sup>

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 18**

Resultado de dosis óptimas La resistencia a la compresión del material es de 280 kilogramos por centímetro cuadrado.

Materiales	Concreto patrón	Concreto con incorporador de aire	Concreto con incorporador de aire + superplastificante
	CP	IA	IA+SP
Cemento	470 kg/m <sup>3</sup>	470 kg/m <sup>3</sup>	470 kg/m <sup>3</sup>
Agua	216 lt/m <sup>3</sup>	216 lt/m <sup>3</sup>	202 lt/m <sup>3</sup>
Agreg. Grueso	909 kg/m <sup>3</sup>	909 kg/m <sup>3</sup>	909 kg/m <sup>3</sup>
Agreg. Fino	605 kg/m <sup>3</sup>	605 kg/m <sup>3</sup>	605 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo			
Incorporador de aire Sika Aer	-	0.329 kg/m <sup>3</sup>	0.329 kg/m <sup>3</sup>
Aditivo superplastificante Sikament 306	-	-	5.17 kg/m <sup>3</sup>

Nota: Elaboración propia

#### 4.1.1. Interpretación de resultado

Las tablas 35 y 36 ofrecen un breve resumen del tema y de los materiales y aditivos adecuados para hormigones con resistencias a compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Se utilizó la prueba de contenido de aire (NTP 339.080:2011) para determinar la cantidad adecuada de aditivo aireante. Según los resultados de la prueba, el contenido de aire era del 5,5%, lo que cumple la norma 201.2R del Comité ACI. Esto se llevó a cabo para garantizar la longevidad del hormigón. Sobre la base de esta investigación, son posibles las siguientes deducciones: El material tiene exactamente la misma densidad que el cemento (0,2358 kg/m<sup>3</sup>), por lo que en los diseños con una resistencia a la compresión de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, equivale al 0,06% del peso del cemento. De forma similar, la densidad de los



diseños con una resistencia a la compresión de  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> es de 0,329 kg/m<sup>3</sup>, es decir, el 0,07% del peso total del hormigón.

El uso de aditivos aireantes reduce la cantidad de agua en el producto final, lo que disminuye la resistencia a compresión del hormigón. Estos hormigones tienen relaciones agua-cemento de 0,55 y 0,46, respectivamente, y resistencias a compresión de 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Para estos hormigones, la pérdida de resistencia es del 90,4% y 91,79%, respectivamente. Para aumentar la resistencia a la compresión del hormigón sin sacrificar su trabajabilidad ideal -que suele estar entre tres y cuatro pulgadas- debe añadirse a la lechada un aditivo superplastificante. Esto es importante para mejorar la caída de fuerza que se ha producido. Se utiliza una proporción de agua a cemento de 0,52 y 0,43 para el aditivo inclusor de aire, y la cantidad de aditivo que se utiliza está determinada por la trabajabilidad del hormigón. Estas cualidades se tienen en cuenta.

## **4.2. Resultados de las propiedades del concreto en estado fresco: asentamiento, peso unitario, contenido de aire, adicionando aditivos incorporador de aire y superplastificante**

### **4.2.1. Asentamiento**

Se encontraron tres tipos de hormigón con asentamiento: hormigón maestro (CP), hormigón tratado con el aditivo aireante Sika Aer (IA) y hormigón tratado con el aditivo aireante Sikament 306 más el superplastificante Sikament 306 (IA + SP). La siguiente tabla muestra los datos:

**Tabla 19**

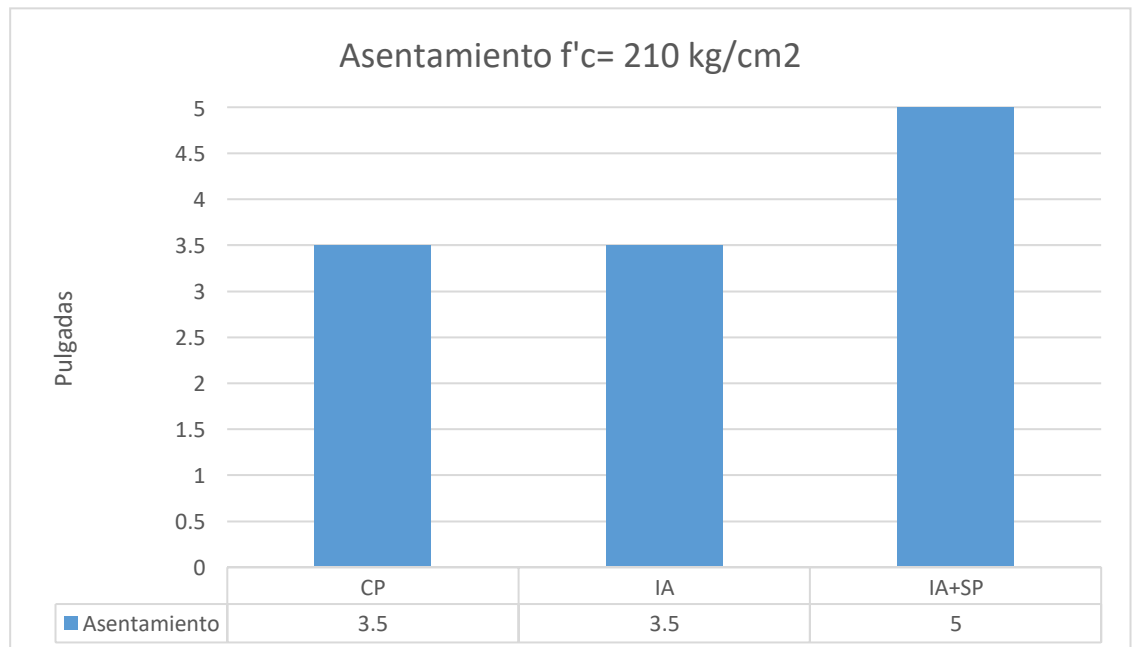
Resumen del asentamiento para el diseño de la mezcla. La presión es de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Descripción	Código	Cantidad de incorporador de aire	Cantida7d de Superplastificante	Asentamiento en el cono de Abrams
Concreto Patrón	CP	-	-	3.5"
C° + Sika Aer (0.06%)	IA	0.2358 kg/m <sup>3</sup>	-	3.5"
C° + Sika Aer (0.06%) + Sikament 306 (0.8%)	IA+SP	0.2358 kg/m <sup>3</sup>	3.144 kg/m <sup>3</sup>	5"

Nota: Elaboración propia

**Figura N° 38**

Compensación por la formulación de un diseño de mezcla de hormigón. El valor es de 210 kilogramos por centímetro cuadrado.



Nota: Elaboración propia

**Tabla 20**

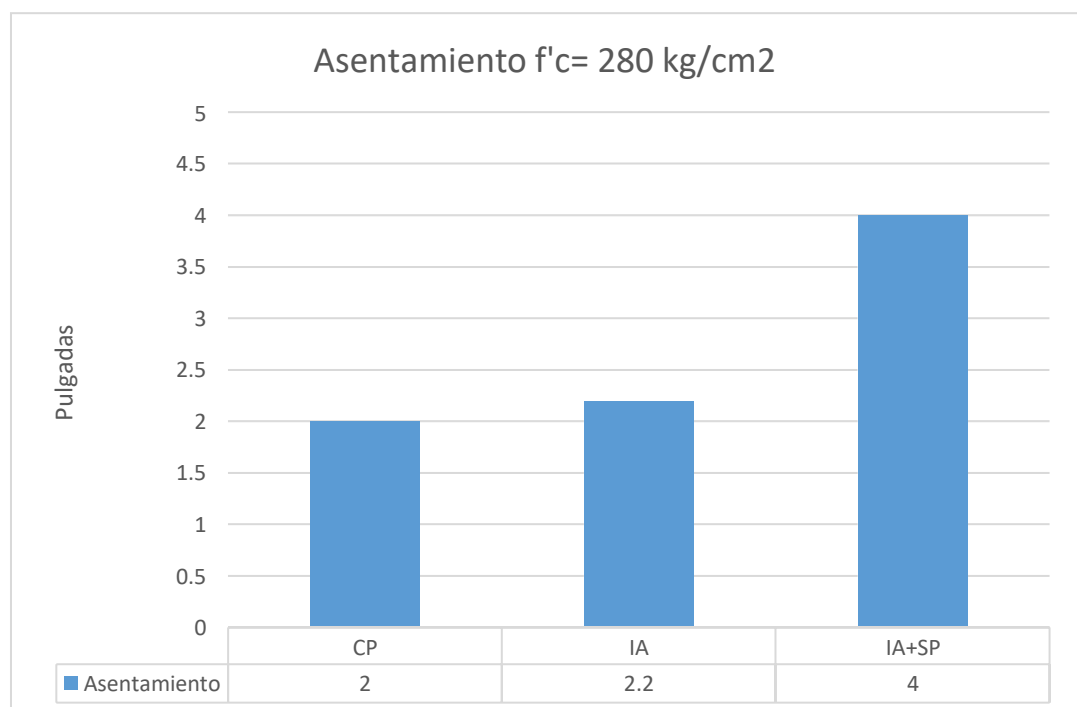
*Resumen del asentamiento para el diseño de la mezcla La presión es de 280 kilogramos por centímetro cuadrado.*

Descripción	Código	Cantidad de incorporador de aire	Cantidad de Superplastificante	Asentamiento en el cono de Abrams
Concreto Patrón	CP	-	-	2"
C° + Sika Aer (0.07%)	IA	0.328 kg/m <sup>3</sup>	-	2.2"
C° + Sika Aer (0.07%) + Sikament 306 (1.1%)	IA+SP	0.328 kg/m <sup>3</sup>	5.16 kg/m <sup>3</sup>	4"

*Nota:* Elaboración propia

**Figura N° 39**

*Compensación por la formulación de un diseño de mezcla de hormigón. La presión es de 280 kilogramos por centímetro cuadrado.*



*Nota:* Elaboración propia



#### 4.2.1.1. Interpretación de Resultados

El asentamiento, expresado en pulgadas, demostró que la trabajabilidad, plasticidad y fluidez de las mezclas de hormigón mejoraron ligeramente con la adición del aditivo aireante SikaAer. Tanto para las mezclas de 210 kg/cm<sup>2</sup> como para las de 280 kg/cm<sup>2</sup>, se produjo una mejora con respecto al hormigón típico, registrándose valores algo superiores en todos los diseños de mezcla. Los resultados se sitúan entre el rango de 1/2« a 9» que especifica ASTM C143. Por lo tanto, se puede concluir que el valor del asentamiento no se ve considerablemente afectado por la aplicación del aditivo aireante Sika Aer.

La muestra estándar obtiene un asentamiento medio de 3,5 pulgadas para el diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> y de 2 pulgadas para el diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup>, como ilustra ampliamente el gráfico de asentamiento de las figuras 44 y 45. El requisito de asentamiento especificado de 3 a 4 pulgadas se satisface con el diseño de mezcla original, sin añadir ningún aditivo. El requisito de asentamiento especificado de 3 a 4 pulgadas se satisface con el diseño original de la mezcla, sin la adición de ningún aditivo. Pero como sólo se asienta 5 cm, el diseño bajo presión de 280 kg/cm<sup>2</sup> no cumple este requisito.

Además, la trabajabilidad, la fluidez y la plasticidad de la mezcla mejoran significativamente con la adición de un aditivo que contiene aire y un superplastificante. Al hacer la pasta más trabajable, la cantidad de cemento y agua necesaria se reduce cuando se emplea el aditivo superplastificante sikament 306. Sikament 306 se empleó en una dosis del 0,8% en relación con el contenido de cemento en el diseño de la mezcla, que tenía una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, para



producir un asentamiento de 6 pulgadas y mejorar la fluidez de la mezcla. En el diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se añadió un 1,1% más de cemento en peso para generar un asentamiento de 3,5 pulgadas. Esto garantizó que la mezcla no se desviara de los requisitos de plasticidad mencionados para cada diseño.

#### **4.2.2. *Peso unitario del concreto fresco***

La fuerza gravitacional intrínseca producida por el concreto dentro de una estructura es un aspecto vital a considerar al formular mezclas de concreto. La densidad del hormigón sirve para varios objetivos, generando ventajas tanto económicas como técnicas.

El hormigón convencional suele pesar entre 2240 y 2400 kg por metro cúbico. Este intervalo viene determinado por una serie de factores, como la densidad de los áridos, la cantidad de agua y cemento presentes, la presencia de aire (intencionada o no) y el propio aire. El tamaño máximo de los áridos utilizados también influye en el cálculo de estos parámetros.

Estos son los hallazgos que se obtuvieron para los diseños que fueron sometidos a niveles de presión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente:

**Tabla 21**

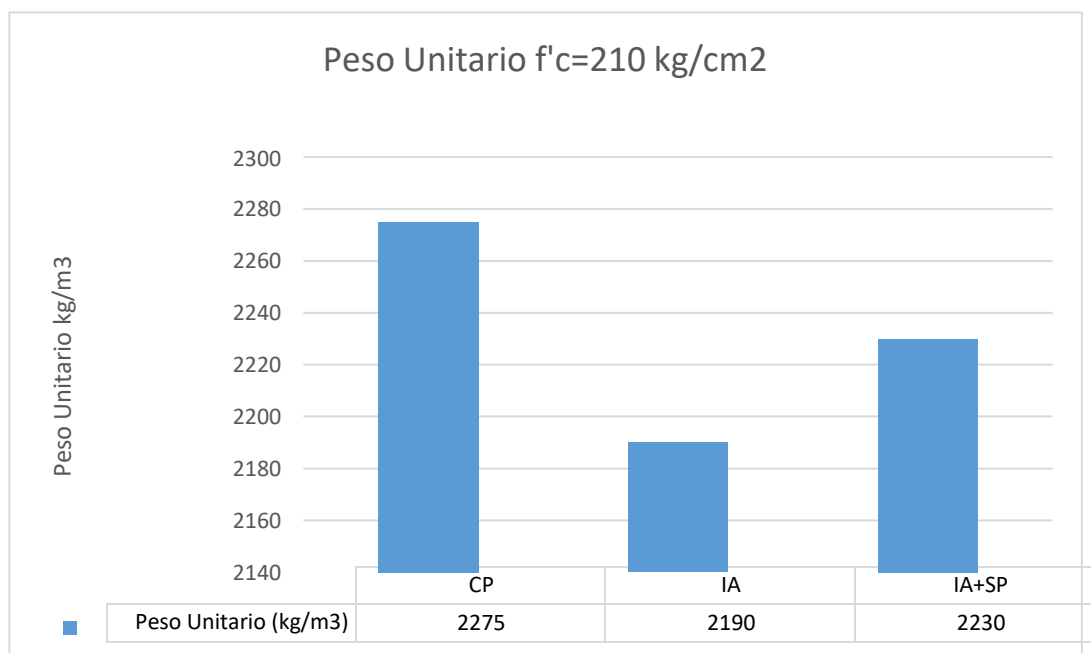
*Resumen Peso Unitario para diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>*

Descripción	Código	Cantidad de incorporador de aire	Cantidad de Superplastificante	Peso Unitario (Kg/m <sup>3</sup> )
Concreto Patrón	CP	-	-	2275
C° + Sika Aer (0.06%)	IA	0.2358 kg/m <sup>3</sup>	-	2191
C° + Sika Aer (0.06%) + Sikament 306 (0.8%)	IA+SP	0.2358 kg/m <sup>3</sup>	3.144 kg/m <sup>3</sup>	2230

*Nota:* Elaboración propia

**Figura N° 40**

*Peso unitario diseño: f'c=210kg/cm<sup>2</sup>*



*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 22**

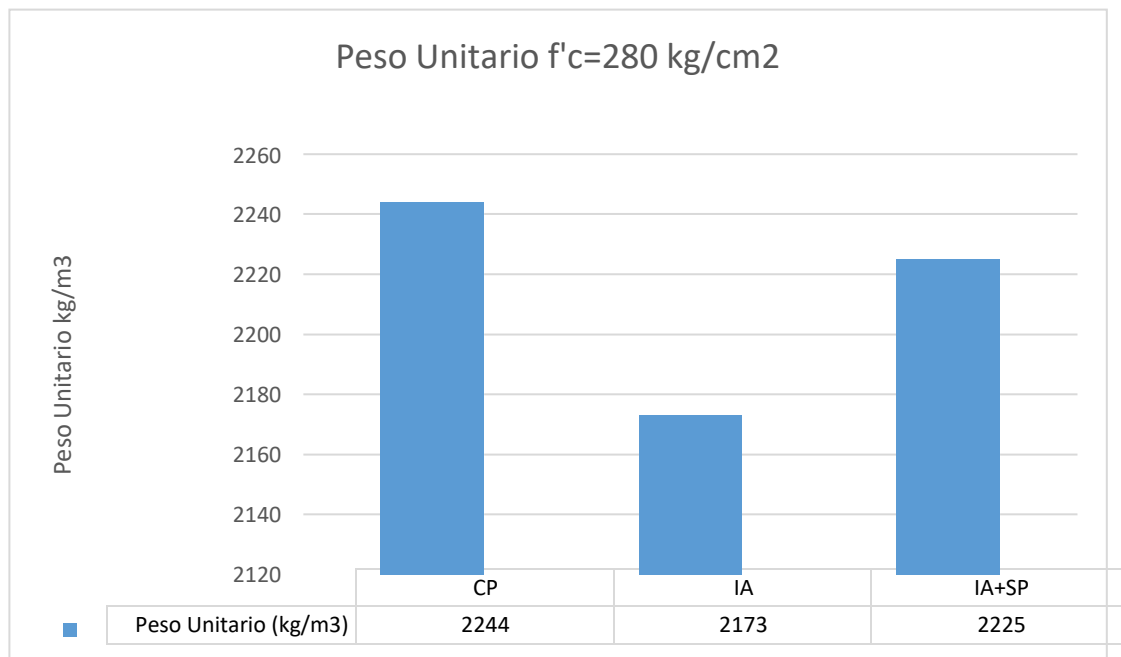
*Resumen Peso Unitario para diseño 280 kg/cm<sup>2</sup>*

Descripción	Código	Cantidad de incorporador de aire	Cantidad de Superplastificante	Peso Unitario (Kg/m <sup>3</sup> )
Concreto Patrón	CP	-	-	2243
C° + Sika Aer (0.07%)	IA	0.328 kg/m <sup>3</sup>	-	2172
C° + Sika Aer (0.07%) + Sikament 306 (1.1%)	IA+SP	0.328 kg/m <sup>3</sup>	5.16 kg/m <sup>3</sup>	2224

*Nota:* Elaboración propia

**Figura N° 41**

*Peso unitario diseño: f'c=280kg/cm<sup>2</sup>*



*Nota:* Elaboración propia



#### 4.2.2.1. Interpretación de Resultados

El ensayo de peso unitario del hormigón se realizó para examinar los valores de densidad del hormigón tras la aplicación de aditivos aireantes y superplastificantes. Las variaciones en el peso unitario entre varios tipos de composición del hormigón se representan en las Figuras nº 46 y 47. ACI 213R-14 (Guía para el Hormigón Estructural con Áridos Ligeros) especifica valores de peso unitario que van de 2200 kg/m<sup>3</sup> a 2400 kg/m<sup>3</sup> para cada tasa de adición. Las cifras aquí indicadas son típicas del hormigón común que suele utilizarse en los proyectos de construcción. La utilización de un aditivo con aire supone una reducción considerable del peso de la probeta con respecto al peso de la probeta de referencia. Además, la utilización de un superplastificante y de un aditivo que incluya aire.

El peso unitario para la mezcla habitual de los dos diseños es de 2275 kg/m<sup>3</sup> y 2244 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Las resistencias a la compresión de los dos diseños son de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>. El hecho de que estos resultados estén de acuerdo con los requisitos proporcionados demuestra que la muestra de concreto que no fue suplementada tiene la densidad necesaria. Los pesos unitarios que se producen como resultado de incluir aire en concentraciones de 0,06% y 0,07% en diseños con presiones de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, son 2190 kg/m<sup>3</sup> y 2173 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. ACI 213R es el estándar que describe los criterios sugeridos y los resultados están por debajo de esos requisitos. En comparación con la muestra de referencia, que tiene pesos unitarios de 2275 kg/m<sup>3</sup> y 2244 kg/m<sup>3</sup> (100%), las muestras correspondientes exhiben una disminución en el peso unitario de 3,73% y 3,17% respectivamente.



La densidad de 2230 kg/m<sup>3</sup> se alcanza mediante la utilización de SikaAer y Sikament 306. Como punto de interés adicional, una densidad de 2225 kg/m<sup>3</sup> conduce a una reducción del 1,98 por ciento y del 0,85 por ciento simultáneamente.

El informe continúa afirmando que el peso unitario del producto disminuye significativamente al añadir un aditivo aireante. Además, el uso de un superplastificante y un aditivo aireante no modifica considerablemente el peso unitario del hormigón con respecto al hormigón normal.

#### **4.2.3. Contenido de aire**

Se puede calcular el porcentaje de aire en el hormigón recién mezclado. El hormigón debe tener un contenido de aire del 5,5% y un tamaño nominal máximo de 1/2 pulg. cuando se expone al frío, según la Guía 201.2R para la Durabilidad del Hormigón del Instituto Americano del Hormigón. El contenido de aire se determinó mediante pruebas de contenido de aire, haciendo hincapié en el método de presión. A continuación, se resumen las conclusiones extraídas:

**Tabla 23**

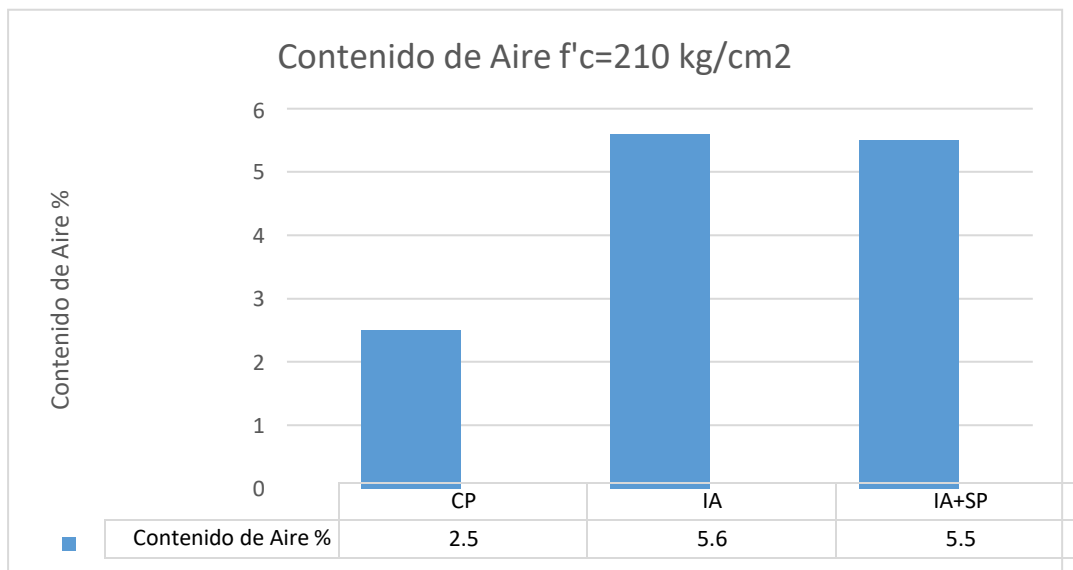
Contenido de aire para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>

Descripción	Código	Cantidad de incorporador de aire	Cantidad de Superplastificante	CONTENIDO DE AIRE
Concreto Patrón	CP	-	-	2.5
C° + Sika Aer (0.06%)	IA	0.233 kg/m <sup>3</sup>	-	5.6
C° + Sika Aer (0.06%) + Sikament 306 (0.8%)	IA+SP	0.233 kg/m <sup>3</sup>	3.143 kg/m <sup>3</sup>	5.5

Nota: Elaboración Propia

**Figura N° 42**

Tabla de contenido de aire para hormigón con resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



Nota: Elaboración propia

**Tabla 24**

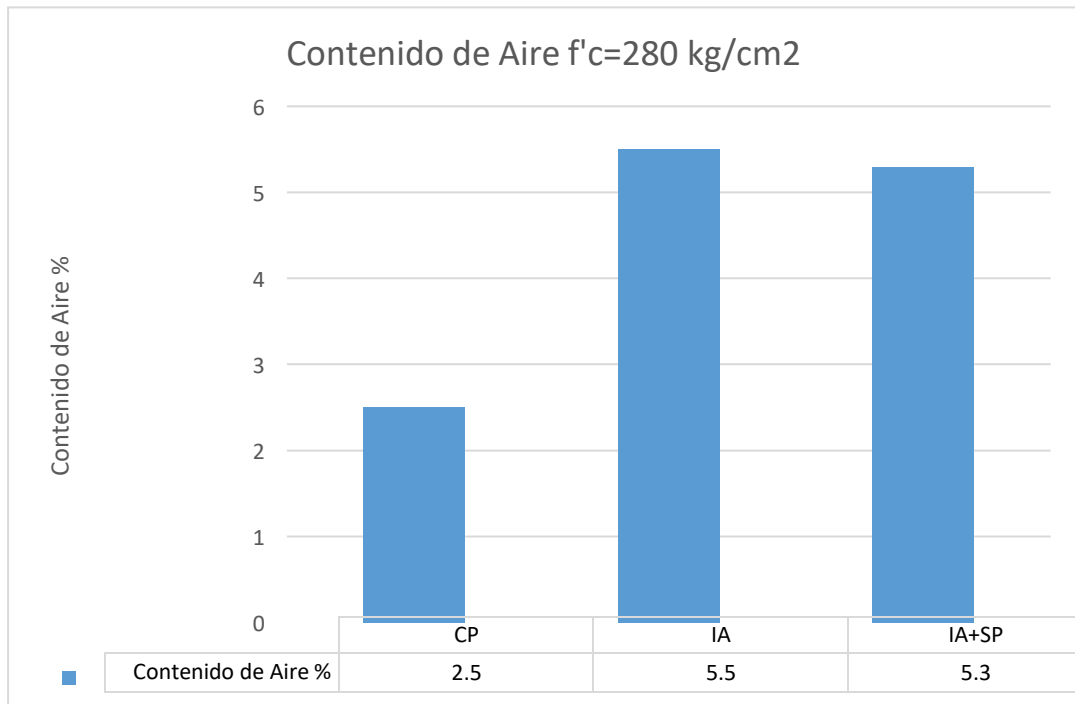
Contenido de Aire para  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$

Descripción	Código	Cantidad de incorporador de aire	Cantidad de Superplastificante	CONTENIDO DE AIRE
Concreto Patrón	CP	-	-	2.4
C° + Sika Aer (0.07%)	IA	0.328 kg/m <sup>3</sup>	-	5.4
C° + Sika Aer (0.07%) + Sikament 306 (1.1%)	IA+SP	0.328 kg/m <sup>3</sup>	5.16 kg/m <sup>3</sup>	5.2

Nota: elaboración propia

**Figura N° 43**

Gráfico para Contenido de aire  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Nota: Elaboración propia



## 4.2.3.1. Interpretación de Resultados

Se añadió al hormigón el aditivo inclusor de aire Sika Aer en una dosis del 0,06% del peso del cemento. El hormigón tenía una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y se mezcló con el aditivo. Como consecuencia de esto, el contenido de aire llegó a ser de 0,2358 kg/m<sup>3</sup>.

De manera similar, se produjo una mezcla de concreto mezclando concreto cuya resistencia a la compresión era de 280 kg/cm<sup>2</sup> con un aditivo inclusor de aire llamado Sika Aer. 0.07% del peso total del cemento fue la cantidad del aditivo que se aplicó. Como consecuencia de ello, la combinación contenía 0,329 kg por metro cúbico de aire. Se consideró que el contenido de aire era 5,6% y 5,5% respectivamente después de aplicar la técnica de presión a la prueba del contenido de aire y obtener los resultados. Cuando se trata de la durabilidad del concreto, estos contenidos de aire cumplen con los estándares descritos en la Guía ACI 201.2R, particularmente en circunstancias propensas a las heladas.

El volumen de aire se reduce gradualmente después de alcanzar su máximo. Puede observarse que durante los primeros doce minutos de mezcla, el contenido de aire primero aumenta y luego empieza a disminuir.

La cantidad de aire en los áridos, especialmente en la arena, está influida por su distribución granulométrica. Las investigaciones han demostrado que la cantidad de árido fino con tamaños del n° 30 y del n° 50 aumenta en función del contenido de aire del hormigón.

## 4.3. Resultados de la resistencia a la compresión concreto en estado endurecido

### 4.3.1. Resistencia a la Compresión

Esta prueba de compresión se realizó sobre muestras estándar de concreto endurecido a las edades de 7, 14 y 28 días para ambos diseños. A continuación, se proporciona una descripción concisa de los hallazgos adquiridos:

**Tabla 25**

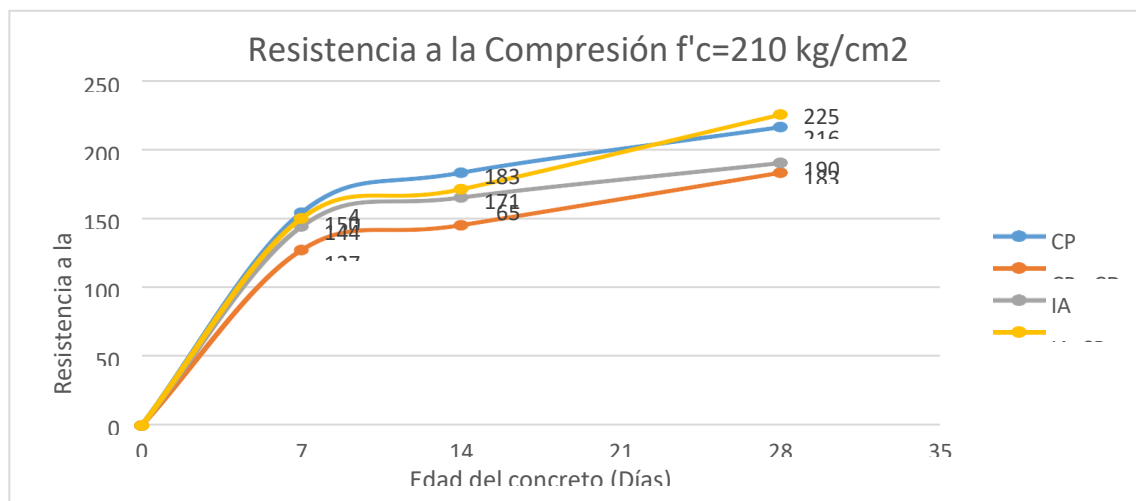
*La resistencia a la compresión promedio es  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .*

Descripción	Código	Promedio de Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
		7 días	14 días	28 días
Concreto Patrón	CP	154	183	216
Concreto patrón sometido a congelamiento	CP-CD	127	145	183
C° + Sika Aer (0.06%) sometido a congelamiento	IA	144	165	190
C° + Sika Aer (0.06%) + Sikament 306 (0.8%) sometido a congelamiento	IA+SP	151	172	226

*Nota:* Elaboración propia

**Figura N° 44**

*Gráfico que muestra la relación entre la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) del hormigón, medida en unidades de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , y la edad del hormigón.*



*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 26**

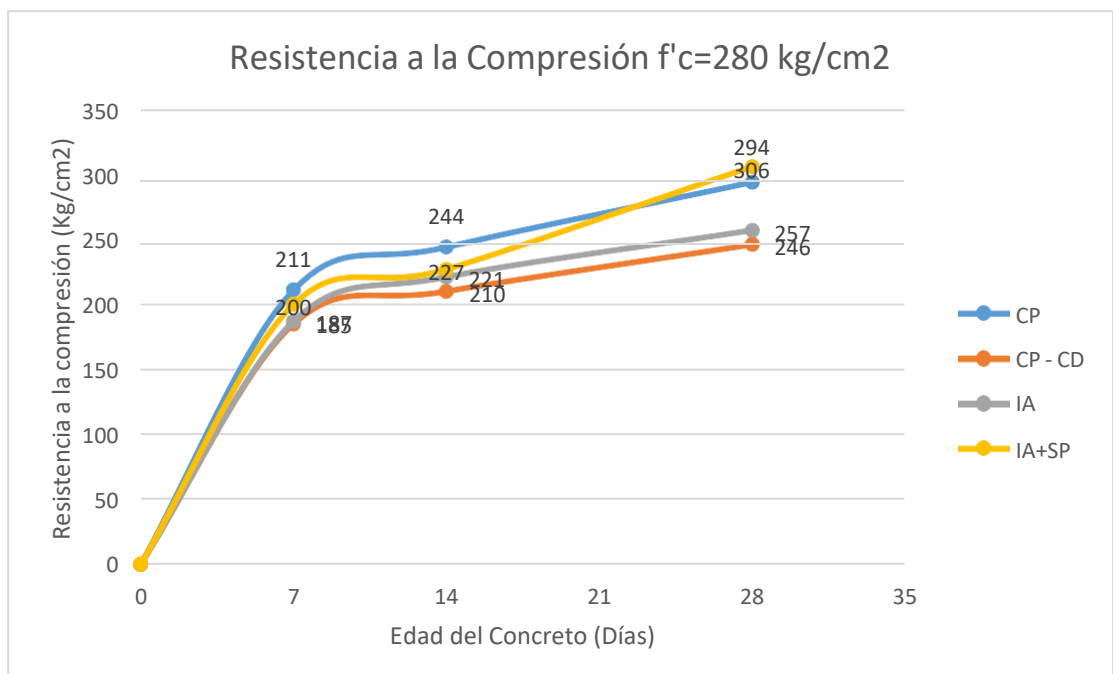
La resistencia a la compresión promedio es  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

Descripción	Código	Promedio de Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
		7 días	14 días	28 días
Concreto Patrón	CP	211	244	294
Concreto patrón sometido a congelamiento	CP-CD	185	210	246
C° + Sika Aer (0.07%) sometido a congelamiento	IA	187	221	257
C° + Sika Aer (0.07%) + Sikament 306 (0.8%) sometido a congelamiento	IA+SP	200	227	306

Nota: Elaboración propia

**Figura N° 45**

Gráfico que representa la resistencia a la compresión del hormigón con una resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$  en función de su edad.



Nota: Elaboración propia



#### 4.3.1.1. Interpretación de Resultados

A continuación, para cada una de las cuatro categorías -que corresponden a diseños de hormigón con pesos de 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente- se explica y examina la resistencia a la compresión: El Primer Grupo, a veces conocido como PC, es un grupo muy conocido y significativo. Tras un tiempo de curado por inmersión de siete días, se determinó que la resistencia a la compresión del hormigón era de 154 kg/cm<sup>2</sup>. En comparación con la resistencia a la compresión inicial del hormigón de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, esto supone una mejora del 73%. En el transcurso de 14 días, la resistencia a la compresión del material aumentó hasta 183 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, el 87% de su resistencia teórica. A los 28 días, se midió la resistencia del material y se comprobó que era de 216 kg/cm<sup>2</sup>. Esta cifra se estableció después de que el material fuera sometido a la prueba. Debido a que pudo cumplir efectivamente con los estándares de resistencia necesarios, es posible llegar a la conclusión de que el diseño de mezcla de concreto que se utilizó para este proyecto es el mejor posible.

A continuación, para cada una de las cuatro categorías -que corresponden a diseños de hormigón con pesos de 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente- se explica y examina la resistencia a la compresión: El Primer Grupo, a veces conocido como PC, es un grupo muy conocido y significativo. Tras un tiempo de curado por inmersión de siete días, se determinó que la resistencia a la compresión del hormigón era de 154 kg/cm<sup>2</sup>. En comparación con la resistencia a la compresión inicial del hormigón de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, esto supone una mejora del 73%. En el transcurso de 14 días, la resistencia a la compresión del material aumentó hasta 183 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, el 87%



de su resistencia teórica. A los 28 días, se midió la resistencia del material y se comprobó que era de 216 kg/cm<sup>2</sup>.

El segundo grupo, al que a veces se hace referencia como CP-CD, hace referencia a un tipo o categorización particular. Luego de ser sometido a congelación, descongelación y curado por inmersión durante un período de siete días, el concreto estándar logró adquirir una resistencia promedio de 127 kg y cm<sup>2</sup>. La resistencia a la compresión de este material es igual al sesenta por ciento de esta cifra. Por otro lado, después de 14 días, la resistencia medida fue de 145 kg/cm<sup>2</sup>, lo que es comparable al 69%. Como resultado, la resistencia aumentó un 87% hasta 183 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días. Según las observaciones, el hormigón con un diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup> experimenta una reducción aproximada del 23% en la resistencia a la compresión cuando se expone a temperaturas bajo cero.

La resistencia a la compresión del hormigón normal se midió en 184 kg/cm<sup>2</sup> después de haber sido curado por inmersión durante siete días y luego sometido a condiciones de congelación y descongelación. Su resistencia inicial fue de 280 kg/cm<sup>2</sup>, y este número representa el 65 por ciento de esa resistencia. En catorce días, la resistencia ha crecido hasta los 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que equivale al setenta y cinco por ciento de su valor inicial. Veintiocho días después, el hormigón había alcanzado una resistencia de 246 kilogramos por centímetro cuadrado, lo que equivale al 88% de su capacidad de carga inicial. Las observaciones indican que el hormigón sometido a temperaturas inferiores a cero grados centígrados y con un diseño de mezcla de 280 kilogramos por centímetro cúbico tiene una disminución de su resistencia a la compresión de alrededor del 22 por ciento.



El nombre "El Tercer Grupo" se utiliza con frecuencia para aludir a la IA, que es un colectivo u organización. El hormigón tiene una resistencia media a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , que puede determinarse utilizando un aireante Sika Aer en una dosificación del 0,06% en peso de cemento. Esto permite evaluar la resistencia del hormigón en condiciones de congelación y descongelación tras su curado por inmersión. El material alcanzó una resistencia a la compresión de  $144 \text{ kg/cm}^2$ , es decir, el 69% de su resistencia total a la compresión, al cabo de siete días. Esto se logró después de que el material se hubiera desarrollado durante siete días. Por otro lado, la resistencia se midió en  $164 \text{ kg/cm}^2$  luego de un período de 14 días, lo que equivale al 78% del total. Después de un período de 28 días, la resistencia del material aumentó a  $190 \text{ kg/cm}^2$ , lo que supone un aumento del 90 % con respecto a su concentración inicial.

El hormigón se mezcló con un aireante que contenía 0,07% de Sika Aer, cuya resistencia a la compresión era de  $280 \text{ kg/cm}^2$ . A continuación, la mezcla se congeló y se descongeló. Tras someterse a una técnica de inmersión durante siete días, la resistencia a la compresión del hormigón se midió en  $187 \text{ kg/cm}^2$ . Esta cifra corresponde al 67% de la resistencia máxima del hormigón. En el transcurso de 14 días, la resistencia del material aumentó a  $221 \text{ kg/cm}^2$ , es decir, el 79% de su resistencia máxima a la fuerza externa. Tras ser tratado hasta los 28 días, la resistencia a la compresión del hormigón es de  $257 \text{ kg/cm}^2$ , lo que equivale al 92% de su resistencia máxima.

En siete días, el Cuarto Grupo (IA+SP) alcanzó una resistencia a la compresión de  $150 \text{ kg/cm}^2$ , en catorce días,  $171 \text{ kg/cm}^2$ , y en veintiocho días,  $225 \text{ kg/cm}^2$ . Estas estadísticas muestran la



resistencia a la compresión del hormigón, que es del 71%, 82% y 107% (en esa secuencia). El hormigón utilizado tenía una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, además del incorporador de aire Sika Aer, presente en una concentración de 0,06%, y el superplastificante Sikament 306, presente en una concentración de 0,8% (referido al peso del cemento). Finalmente, el hormigón estuvo listo para su uso tras pasar por ciclos de congelación, descongelación y curado por inmersión.

El hormigón se trató con la adición de un superplastificante llamado Sikament 306 a una dosis del 0,8% en peso y un agente aireante llamado Sika Aer a una dosis del 0,07%. El hormigón tenía una resistencia a la compresión de 280 kg/cm<sup>2</sup>. A continuación, se aplicaron al hormigón ciclos de congelación-descongelación. Después de sumergir el hormigón en agua durante siete días para curarlo, su resistencia a la compresión aumentó a 200 kg/cm<sup>2</sup>. Esto equivale al 71% de la resistencia máxima del hormigón. En el transcurso de catorce días, la resistencia aumentó significativamente hasta 227 kg/cm<sup>2</sup>, o el 81% de su resistencia máxima. A los 28 días, la resistencia a la compresión del hormigón era de 306 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, el 109% de su valor inicial.



## 4.4. Discusión de resultados

Cuando el hormigón se somete a bajas temperaturas, los datos obtenidos corroboran el supuesto básico de que la adición de aire, junto con aditivos y superplastificantes, al hormigón ordinario con resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> da como resultado un aumento de la resistencia del hormigón. Los estándares para concreto de larga duración que se establecen en la norma ACI 201.2R se han cumplido con esta innovación, la cual está de acuerdo con dichas especificaciones.

1. Se recomienda incluir un aditivo inclusor de aire en el concreto a una dosis de 0.06% del peso del cemento para diseños de mezclas con una resistencia a la compresión ( $f_c$ ) de 210 kg/cm<sup>2</sup>, y 0.07% para una resistencia a la compresión ( $f_c$ ) de 210 kg/cm<sup>2</sup>. resistencia ( $f_c$ ) de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Esto asegurará que el concreto dure mucho tiempo. Estos hallazgos difieren de los publicados por ARCOS (2015), quien descubrió que para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> se lograba una incorporación de aire aditivo del 0,04%, y para  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> se producía una incorporación de aire del 0,06%. Los resultados que se obtuvieron son más favorables. Por otro lado, Cruzado y Rivera (2019) llegaron a una conclusión diferente a la nuestra. Descubrieron que, para evitar la congelación y descongelación, debe estar presente un aditivo de inclusión de aire en un mínimo del 0,04%. Nuñez y Mamani (2018) realizaron un estudio en el que descubrieron que se utilizó un aditivo inclusor de aire en una proporción de 0.05% en peso de cemento para obtener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> ( $f_c$ ).
2. La dosificación sugerida de aditivo superplastificante es del 0,8% en peso de cemento en diseños de mezclas con una resistencia a la compresión ( $f_c$ ) de 210 kg/cm<sup>2</sup> y del 1,1% para una resistencia a la compresión ( $f_c$ ) de 280 kg/cm<sup>2</sup> con el fin de generar un hormigón duradero durante un largo periodo de tiempo. Para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, se considera suficiente una dosificación de aditivo



superplastificante del 0,8%; para  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, se necesita una dosificación del 1,0%. Los resultados de la investigación de ARCOS de 2015 corroboran estas conclusiones.

3. En comparación con el hormigón convencional en las mismas condiciones, la resistencia a la compresión del hormigón expuesto a bajas temperaturas aumenta un 19,64% y un 21,55%, respectivamente, debido al empleo de aditivos inclusivos de aire y superplastificantes durante todo el proceso de producción. Un estudio de Al-Assadi et al. (2009) encontró que cuando el hormigón normal se exponía a ciclos de congelación-descongelación, su resistencia a la compresión mejoraba significativamente en un 12,16%. Sin embargo, debido a que se emplearon diferentes proporciones de aditivos, agua y cemento, los resultados del experimento actual difirieron de este hecho.
  
4. El uso de aditivos aireantes y superplastificantes durante el proceso de mezclado mejora las características del nuevo hormigón cuando se somete a bajas temperaturas. Estas mejoras son evidentes en los siguientes componentes del sistema: Los pesos unitarios de las muestras de hormigón fueron de 2230 y 2225, respectivamente, y sus medidas de asentamiento fueron de 5 y 4 pulgadas, respectivamente. Estos valores se comparan con el hormigón estándar, que tiene un componente de aire de 5,3% y 5,5%, respectivamente. Basándose en los resultados de ARCOS (2015), obtuvo resultados similares en sus investigaciones.



## CONCLUSIONES

1. Se recomienda añadir aditivos aireantes al 0,06% y al 0,07% del peso del cemento utilizado en el hormigón, respectivamente, para mejorar la resistencia y la solidez del hormigón a bajas temperaturas, con  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>. Esto se debe al hecho de que estos aditivos pueden mezclarse en el hormigón. En consecuencia, se recomienda aplicar el superplastificante a una dosis del 0,8% y del 1,1% en peso de cemento, respectivamente.
2. La resistencia a la compresión del hormigón se evaluó a bajas temperaturas. Esto se hizo para aumentar el rendimiento duradero del hormigón, lo que se logró mediante la utilización de aditivos inclusores de aire y superplastificantes. Se designó para el hormigón una resistencia objetivo de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Las resistencias que se observaron después de siete, catorce y veintiocho días fueron, respectivamente, 150 kg/cm<sup>2</sup>, 171 kg/cm<sup>2</sup> y 225 kg/cm<sup>2</sup>. Tras un período de 28 días, los datos revelan una fortaleza que representa el 107% de la capacidad requerida. El hormigón que tenía una resistencia objetivo de  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> mostró resistencias medidas de 200 kg/cm<sup>2</sup>, 227 kg/cm<sup>2</sup> y 306 kg/cm<sup>2</sup> después de 7, 14 y 28 días, respectivamente. Esto demuestra que el hormigón pudo alcanzar la resistencia deseada. Tras un período de 28 días, los datos muestran una resistencia un 109% superior al umbral requerido.
3. En tercer lugar, se utilizaron las resistencias a compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> para analizar las cualidades del hormigón con el fin de establecer su durabilidad inicial. Se descubrió que estaban sucediendo las siguientes cosas: 5 pulgadas y 4 pulgadas, respectivamente, son los valores de asentamiento para el concreto con consistencia plástica. Estos valores se encuentran dentro del rango aceptable de valores. El hormigón tiene una densidad de 2230 kg/m<sup>3</sup> y



2225 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, lo que es suficiente para cumplir las normas para el hormigón normal. Para garantizar que el concreto sea resistente a los ciclos de hielo-deshielo, el contenido de aire del concreto es exactamente 5,5% y 5,3%, respectivamente, según lo estipula ACI 201.2R.



## RECOMENDACIONES

1. Proceder a realizar más investigaciones sobre el tema que impacta la construcción de zonas altoandinas en el Perú. Esta investigación debería centrarse en ampliar el número de núcleos y evaluar la durabilidad del hormigón más allá de los 28 días. El propósito de esta evaluación es determinar si el concreto satisface o no los criterios necesarios y examinar sus propiedades, como su capacidad para soportar compresión y flexión, así como su trabajabilidad (que se evalúa por revenimiento).
2. Realizar ensayos adicionales sobre concreto resiliente con el fin de adquirir los hallazgos del concreto que ha sido sometido a ciclos de hielo-deshielo en su ambiente natural.
3. Para obtener resultados sustanciales, se recomienda utilizar aditivos de última generación e investigar posibles alternativas a compuestos que sean eficaces en situaciones de bajas temperaturas.
4. Realizar más investigaciones sobre la utilización de aditivos de diferentes marcas disponibles en nuestra región para evaluar su eficacia para soportar circunstancias climáticas desfavorables, como es la situación en nuestro lugar.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 201. (2000). *Guía para la Durabilidad del Hormigón ACI 201.2R*.  
[https://www.academia.edu/8458239/Gu%C3%ADa\\_para\\_la\\_Durabilidad\\_del\\_Hormig%C3%B3n\\_Informado\\_por\\_el\\_Comit%C3%A9\\_ACI\\_201](https://www.academia.edu/8458239/Gu%C3%ADa_para_la_Durabilidad_del_Hormig%C3%B3n_Informado_por_el_Comit%C3%A9_ACI_201)
- Al-Assadi, G., Casati, M., Fernández, J., & Galvez, J. (2009). Evaluación del Deterioro del Hormigón Sometido a Ciclos de Hielo-Deshielo. *Anales de Mecánica de la Fractura 26, Vol. 2 (2009)*.
- ARCOS, J. A. (2015). *DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD EN LA SIERRA PERUANA UTILIZANDO CEMENTO IP Y ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE, PLASTIFICANTE Y ACELERANTE DE FRAGUA*. Universidad Católica Santa María.
- Castro, N. D. (2001). *Características del concreto con aditivos acelerante e incorporadores de aire y C.P.T.I fabricado en la ciudad de Huancayo* [Universidad Nacional de Ingeniería].  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_2dd4b7cc59668cfb74e7f88e114e5195](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_2dd4b7cc59668cfb74e7f88e114e5195)
- Cruzado, H. Y., & Rivera, B. (2019). *Influencia de tipos de incorporador de aire sobre el asentamiento, aire total, absorción, peso unitario y compresión del concreto a bajas temperaturas* [Universidad Nacional del Altiplano].  
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13159>
- Ghaida Al-Assadi, Casati, M. J., & Fernandez, J. (s. f.). EVALUACION DEL DETERIORO DEL HORMIGON SOMETIDO A CICLOS DE HIELO-DESHIELO. 2009, 6.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGrawHill.
- Nuñez, L. O., & Mamani, F. A. (2018). *Influencia del polipropileno y los aditivos incorporadores de aire sometido al congelamiento en las propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la zona altiplánica 2017* [Universidad Nacional del Altiplano].



<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8953>

Ñaupas, H. Ñ., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa—Cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.

Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa* (3ra ed.).

FEDUPEL. <https://metodologiaecs.wordpress.com/2015/09/06/metodologia-de-la-investigacion-cuantitativa-3ra-ed-2012-santa-palella-stracuzzi-y-feliberto-martins-pestana-2/>

Pasquel, E. (1993). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (2.<sup>a</sup> ed.). Colegio de Ingenieros. [https://www.slideshare.net/cmanuel\\_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru](https://www.slideshare.net/cmanuel_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru)

Rivva, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. ACI Peru.

Sánchez, D. (2001). *Tecnología del Concreto y Mortero*. Pontificia Universidad Javeriana.



# ANEXOS



## MATRIZ DE CONSISTENCIA





**HOJA TÉCNICA DE ADITIVOS INCORPORADOR DE AIRE  
SIKA AER Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE  
SIKAMENT 306**



## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# Sikament®-306

SUPERPLASTIFICANTE REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO QUE MANTIENE LA TRABAJABILIDAD

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Superplastificante, reductor de agua de alto rango, economizador de cemento. En climas templados y fríos mantiene la manejabilidad del concreto. No contiene cloruros.

### USOS

#### Como superplastificante.

Adicionado a una mezcla con consistencia normal se consigue fluidificar el concreto o mortero, facilitando su colocación, haciéndolo apto para el bombeo. Especialmente indicado para fundiciones de concreto por el sistema tremie.

#### Como reductor de agua de alto poder.

Adicionado en el agua de amasado, permite reducir hasta el 30% del agua de la mezcla consiguiéndose la misma manejabilidad con incremento notable en las resistencias mecánicas a todas las edades. La impermeabilidad y durabilidad del concreto se ven incrementadas.

#### Como economizador de cemento.

Se puede aprovechar el incremento de resistencias logrado al reducir agua con el aditivo, para disminuir el contenido de cemento y hacer más económico el diseño.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando la segregación y formación de cangrejas. Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.
- Permite doblar los tiempos de manejabilidad de la mezcla en climas medios y fríos.
- Aumenta notablemente la resistencia inicial del concreto.
- Permite reducir hasta el 30% del agua de la mezcla.
- Incrementa la resistencia final del concreto en más de un 40%
- Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Densifica el concreto.

### CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con los requerimientos para superplastificantes según la norma ASTM C 494, tipo G.

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindro x 200 L</li> <li>• Dispenser x 1000 L</li> <li>• Granel x 1L</li> </ul>
<b>Apariencia / Color</b>	Líquido pardo oscuro
<b>Vida Útil</b>	1 año

Hoja De Datos Del Producto  
Sikament®-306  
Junio 2018, Versión 01.03  
021302021000000078



<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	El producto debe de ser almacenado en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
<b>Densidad</b>	1.22 +/- 0.01

### INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

#### Como plastificante:

Adicionarlo a la mezcla de concreto o mortero ya preparado y remezclar por lo menos durante 5 minutos hasta obtener una mezcla fluida.

#### IMPORTANTE

En la elaboración de concretos o morteros fluidos se exige una buena distribución granulométrica. Se debe garantizar un suficiente contenido de finos para evitar la segregación del material fluido. En caso de deficiencia de finos, dosificar SikaAer® para incorporar el aire en

forma controlada a la mezcla. El uso de concreto fluido demanda un especial cuidado en el sellado de los encofrados para evitar la pérdida de la pasta de cemento. La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de obra.

Dosificación superiores a las recomendadas pueden ocasionar retardos en el fraguado del concreto.

#### DOSIFICACIÓN

Como plastificante del 0,5 % - 1 % del peso del cemento.

Como superplastificante del 1 % - 2 % del peso del cemento.

#### NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

### RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

### ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

### NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Hoja De Datos Del Producto  
Sikament®-300  
Junio 2010, Versión 01.03  
021 00301100000078

Sikament-300-es-PE-(06-2010)-1-1.pdf





## HOJA TÉCNICA SikaAer®

Aditivo incorporador de aire.

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaAer® es un aditivo elaborado a base de agentes tensoactivos que adicionado al concreto genera microburbujas que se reparten uniformemente en la masa del concreto.

No contiene cloruros.

#### USOS

- Concreto sometido a bajas temperaturas.
- Concreto de subterráneos, cimientos, sobrecimientos, obras hidráulicas en general (represas, canales, etc).
- Concreto en carreteras, aeropuertos, entre otros.
- Transporte del concreto en camión tolva.
- Concreto a la vista, concreto bombeado.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

##### En Concreto fresco:

- Permite un aumento en la trabajabilidad y/o una disminución en el agua de amasado.
- Reduce la segregación en el concreto, especialmente en las faenas de transporte.
- Reduce la exudación en el concreto.
- Incrementa la cohesión interna de la masa del concreto.
- Permite reducir el tiempo de vibración y colocación.
- Mejora el aspecto superficial del concreto.
- Incremento de la impermeabilidad.

##### En Concreto endurecido:

- Aumento de las resistencias a la acción de aguas agresivas.
- Incremento de las resistencias a ciclos de hielo y deshielo.
- Rompe la capilaridad.

**NORMA** Cumple con la Norma ASTM C 260.

### DATOS BÁSICOS

<b>FORMA</b>	<b>ASPECTO</b> Líquido.
	<b>COLORES</b> Ámbar Translucido
	<b>PRESENTACIÓN</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Paquete x 4 envases PET x 4 L.</li><li>▪ Balde x 20 L.</li><li>▪ Cilindro x 200 L.</li></ul>

Hoja Técnica  
SikaAer®  
10.11.14, Edición 11



<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> SikaAer® se puede almacenar durante 1 año en su envase original cerrado, sin deterioro y en lugar fresco y bajo techo. A temperaturas bajo 5 °C se puede producir turbidez en el aditivo, lo cual no altera su efectividad.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD</b> 1.01 - 1.02 kg/L
<b>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</b>	
<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<b>CONSUMO / DOSIS</b> 0.02% a 0.12% del peso del cemento.
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODO DE APLICACIÓN</b> Se utiliza diluido en el agua de amasado. Mayores dosis pueden ser utilizadas si así se determina en ensayos previos con los materiales a usar en la obra. La incorporación de aire en un concreto depende principalmente de: Los agregados pétreos (granulometría y forma de los granos). Razón a/c. Dosis de cemento por m <sup>3</sup> de concreto elaborado. Finura del cemento. Relación áridos finos/gruesos. Tipo de mezcladora y tiempo de mezclado. Temperatura, etc. La plasticidad, a menor asentamiento se necesita mayor esfuerzo para lograr la cantidad de aire deseado.
<b>INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD</b>	
<b>PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN</b>	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma naturales o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
<b>OBSERVACIONES</b>	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a>
<b>NOTAS LEGALES</b>	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a> .

Hoja Técnica  
SikaAer®  
18.11.14, Edición 1.1

2/3

BUILDING TRUST





"La presente Edición anula y reemplaza la Edición Nº 10  
la misma que deberá ser destruida"

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE SikaAer® :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.  
Concrete  
Centro Industrial "Las Praderas  
de Lurín" s/n MZ B, Lotes 3 y  
6, Lurín  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Foja Técnica  
SikaAer®  
18.11.14, Edición II

Versión elaborada por: Sika Perú  
S.A.  
CG, Departamento Técnico  
Tel: 018-0000  
Fax: 018-0070  
Mail: [informacion@pe.sika.com](mailto:informacion@pe.sika.com)



© 2014 Sika Perú S.A.





# ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA DESUELOS CONCRETO Y ASLFATO



### DISEÑO DE MEZCLA F'c = 280 Kg./cm.<sup>2</sup>

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**CANTERA** : ISLA

**UBICACIÓN** : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17 - SECTOR ISLA

**FECHA** : 15 DE NOVIEMBRE DEL 2023

#### PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74  
 ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = **280 Kg./cm.<sup>2</sup>** a los 28 días  
 entonces la resistencia promedio F'cr = **364 Kg./cm.<sup>2</sup>**

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" (19.05mm)**

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

#### RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.51	2.52
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1577	1635
P.U. Suelto	1483	1535
% de Absorción	2.03	2.92
% de Humedad Natural	2.08	8.22
Modulo de Fineza	-	2.75

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 nomin: **3/4" (19.05mm)**
- 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: **184 Lt/m<sup>3</sup>**
- 4, Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: **6.0 %**
- 5, Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: **0.39**
- 6, De acuerdo a la información obtenida en los items 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$( 184 \text{ Lt/m}^3 ) / ( 0.39 ) = 472 \text{ Kg/m}^3$$

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA

Mgtr. ARNALDO YANATORRES



- 7, De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 2.75 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1577 Kg/m<sup>3</sup> y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.555 m<sup>3</sup> de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$( 0.5554 ) * ( 1577 ) = 876 \text{ Kg/m}^3$$

- 8, Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m<sup>3</sup> 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:

Volúmen absoluto de agua	= ( 184 ) / ( 1000 )	= 0.184
Volúmen absoluto de cemento	= ( 472 ) / ( 2.88 * 1000 )	= 0.164
Volúmen absoluto de agregado grueso	= ( 876 ) / ( 2.51 * 1000 )	= 0.350
Volúmen de aire atrapado	= ( 6.0 ) / ( 100 )	= 0.060
Volúmen sub total	=	0.757

Volúmen absoluto de arena

Por tanto el peso requerido de arena seca será de: = ( 1.000 - 0.757 ) = 0.243 m<sup>3</sup>

$$( 0.243 ) * ( 2.52 ) * 1000 = 611 \text{ Kg/m}^3$$

- 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 ( 876 ) \* ( 1.020822 ) = 894 Kg.

Agregado Fino húmedo ( 611 ) \* ( 1.0822 ) = 661 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:

$$184 - 876 * \left( \frac{2.08 - 2.03}{100} \right) - 611 \left( \frac{8.22 - 2.92}{100} \right) = 151$$

### DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	(Kg/m <sup>3</sup> )	PESO SECO	(Kg/m <sup>3</sup> )	PESO HÚMEDO
Cemento	472	1.00	472	1.00
Agua	184	0.39	151	0.32
Agreg. Grueso	876	1.86	894	1.89
Agreg. Fino	611	1.30	661	1.40
Aire	6.0 %		6.0 %	

#### 11.10 BOLSAS / m<sup>3</sup> DE CEMENTO

#### DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	:	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	:	59.59 Kg.
Agregado grueso húmedo	:	80.52 Kg.
Agua efectiva	:	13.61 Kg.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257



## DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies<sup>3</sup>

1.0 Bolsa de Cemento:	Redondeo
- 1.37 p3 de Arena	1.4 p3 de Arena
- 1.92 p3 de Grava	1.9 p3 de Grava
- 14 Lt de Agua	14 Lt de Agua

## RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

\* Se debera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

## OBSERVACIONES:

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL



Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257





**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**CANTERA** : ISLA

**LUGAR** : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17 - SECTOR ISLA

**FECHA** : 15 DE NOVIEMBRE DEL 2023

### ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

#### ARENA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>485.83</u>
N° 4	4.18	0.84	0.84	99.16	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
N° 8	69.57	13.91	14.75	85.25	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.20</u>
N° 16	78.82	15.76	30.51	69.49	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1614.73</u>
N° 30	105.20	21.04	51.55	48.45	<b>PESO ESPECÍFICO</b>	
N° 50	148.63	29.73	81.28	18.72	Wc+B =	<u>1813</u> Wc+B-W = <u>198</u>
N° 100	72.11	14.42	95.70	4.30	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{500.00}{1614.73 - 1313.20} = 2.52 \text{ gr/cm}^3$
N° 200	15.18	3.04	98.74	1.26	<b>ABSORCIÓN</b>	
FONDO	6.31	1.26	100.00	0.00	B =	<u>500.00</u> B-A = <u>14.17</u>
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{14.17 \times 100}{485.83} = 2.92 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA					2.75	

#### GRAVA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>784.12</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>800.00</u>
1"	0	0.00	0.00	100.00	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.20</u>
3/4"	37	0.93	0.93	99.08	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1793.84</u>
1/2"	439	10.98	11.90	88.10	<b>PESO ESPECÍFICO</b>	
3/8"	1528	38.20	50.10	49.90	Wc+B =	<u>2113</u> Wc+B-W = <u>319</u>
1/4"					Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800.00}{1793.84 - 1313.20} = 2.51 \text{ gr/cm}^3$
N° 4	1496	37.40	87.50	12.50	<b>ABSORCIÓN</b>	
FONDO	0.00	0.00	87.50	12.50	B =	<u>800.00</u> B-A = <u>15.88</u>
SUMA	3500.00	87.50			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{15.88 \times 100}{784.12} = 2.03 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA  
 Mtro. ARNALDO YANATORRES



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

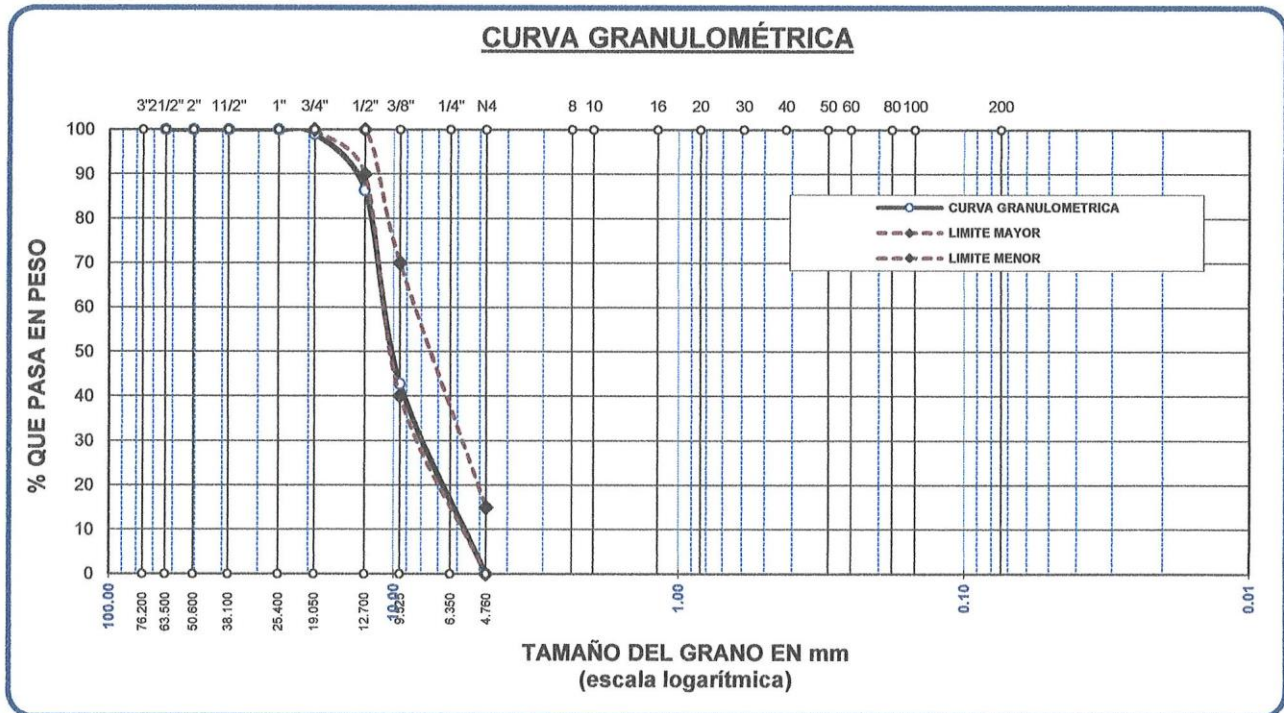
**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**CANTERA** : ISLA

**LUGAR** : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17 - SECTOR ISLA

**FECHA** : 15 DE NOVIEMBRE DEL 2023

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr.  Tamaño máx. nominal = 3/4 "  OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050	37.00	1.06	1.06	98.94	100 %	
1/2"	12.700	439.00	12.54	13.60	86.40	90 - 100 %	
3/8"	9.525	1528.00	43.66	57.26	42.74	40 - 70 %	
1/4"	6.350						
No4	4.760	1496.00	42.74	100.00	0.00	0 - 15 %	
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PÉRDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA, TENDÓN

Mgtr. ARNALDO YANATORRES  
 CIP 103257



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

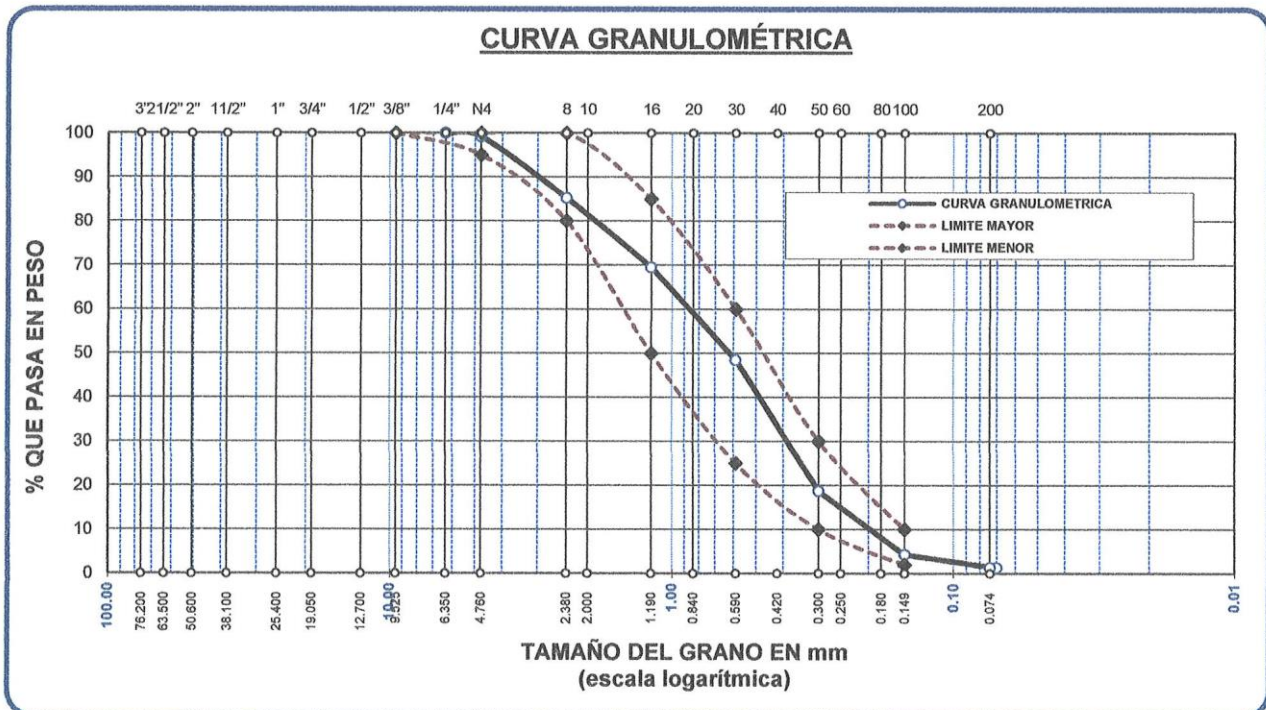
**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**CANtera** : ISLA

**LUGAR** : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17 - SECTOR ISLA

**FECHA** : 15 DE NOVIEMBRE DEL 2023

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr. Módulo de Fineza = 2.75  OBSERVACIONES:
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	4.18	0.84	0.84	99.16	80 - 100 %	
No8	2.380	69.57	13.91	14.75	85.25		
No10	2.000						
No16	1.190	78.82	15.76	30.51	69.49	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	105.20	21.04	51.55	48.45	25 - 60 %	
No40	0.420						
No 50	0.300	148.63	29.73	81.28	18.72	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	72.11	14.42	95.70	4.30	2-10%	
No200	0.074	15.18	3.04	98.74	1.26		
<b>BASE</b>		6.31	1.26	100	0.00		
<b>TOTAL</b>		500.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		1.26					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA - PERU

Mg. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

## PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**CANTERA** : ISLA

**LUGAR** : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17 - SECTOR ISLA

**FECHA** : 15 DE NOVIEMBRE DEL 2023

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5965 gr	5965 gr	5965 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm <sup>3</sup>	2099 cm <sup>3</sup>	2099 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9175.00 gr	9202.00 gr	9183.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3210.00 gr	3237.00 gr	3218.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.529 gr/cm <sup>3</sup>	1.542 gr/cm <sup>3</sup>	1.533 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.535 gr/cm <sup>3</sup>		

### DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5965 gr	5965 gr	5965 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm <sup>3</sup>	2099 cm <sup>3</sup>	2099 cm <sup>3</sup>
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9387.00 gr	9407.00 gr	9402.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3422.00 gr	3442.00 gr	3437.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.630 gr/cm <sup>3</sup>	1.639 gr/cm <sup>3</sup>	1.637 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.635 gr/cm <sup>3</sup>		

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO  
 M.S.C.A.  
 JEFATURA

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257



# PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**CANTERA** : ISLA

**LUGAR** : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17 - SECTOR ISLA

**FECHA** : 15 DE NOVIEMBRE DEL 2023

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7942 gr	7942 gr	7942 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm <sup>3</sup>	3249 cm <sup>3</sup>	3249 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	12753.00 gr	12766.00 gr	12759.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4811.00 gr	4824.00 gr	4817.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.481 gr/cm <sup>3</sup>	1.485 gr/cm <sup>3</sup>	1.482 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.483 gr/cm <sup>3</sup>		

### DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7942 gr	7942 gr	7942 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm <sup>3</sup>	3249 cm <sup>3</sup>	3249 cm <sup>3</sup>
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	13061.00 gr	13082.00 gr	13053.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5119.00 gr	5140.00 gr	5111.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.575 gr/cm <sup>3</sup>	1.582 gr/cm <sup>3</sup>	1.573 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.577 gr/cm <sup>3</sup>		

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO  
 M.S.C.A.  
 JEFATURA  
 JULIACA - PERU

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

## CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**CANTERA** : ISLA

**LUGAR** : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17 - SECTOR ISLA

**FECHA** : 15 DE NOVIEMBRE DEL 2023

MUESTRA : ARENA	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	265.20
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	248.10
PESO DEL TARRO (gr.)	40.10
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	225.10
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	208.00
PESO DEL AGUA (gr.)	17.10
% HUMEDAD	8.22

MUESTRA : GRAVA	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	437.40
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	429.50
PESO DEL TARRO (gr.)	50.10
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	387.30
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	379.40
PESO DEL AGUA (gr.)	7.90
% HUMEDAD	2.08

**OBSERVACIONES:**

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257



### DISEÑO DE MEZCLA F'c = 210 Kg./cm.<sup>2</sup>

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**CANTERA** : ISLA

**UBICACIÓN** : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17 - SECTOR ISLA

**FECHA** : 15 DE NOVIEMBRE DEL 2023

#### PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74  
 ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = **210 Kg./cm.<sup>2</sup>** a los 28 días  
 entonces la resistencia promedio F'cr = **294 Kg./cm.<sup>2</sup>**

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"** (19.05mm)

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

#### RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.51	2.52
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1577	1635
P.U. Suelto	1483	1535
% de Absorción	2.03	2.92
% de Humedad Natural	2.08	8.22
Modulo de Fineza	-	2.75

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 nomin: **3/4"** (19.05mm)
- 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: **184 Lt/m3**
- 4, Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: **6.0 %**
- 5, Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: **0.47**
- 6, De acuerdo a la información obtenida en los items 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$( 184 \text{ Lt/m}^3 ) / ( 0.47 ) = 391 \text{ Kg/m}^3$$

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO  
 M S C A  
 JEFATURA  
 Ing. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257



7, De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 2.75 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1577 Kg/m<sup>3</sup> y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.555 m<sup>3</sup> de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$( 0.5554 ) * ( 1577 ) = 876 \text{ Kg/m}^3$$

8, Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m<sup>3</sup> 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:

Volúmen absoluto de agua	= ( 184 ) / ( 1000 )	= 0.184
Volúmen absoluto de cemento	= ( 391 ) / ( 2.88 * 1000 )	= 0.136
Volúmen absoluto de agregado grueso	= ( 876 ) / ( 2.51 * 1000 )	= 0.350
Volúmen de aire atrapado	= ( 6.0 ) / ( 100 )	= 0.060
Volúmen sub total	=	<u>0.729</u>

Volúmen absoluto de arena

Por tanto el peso requerido de arena seca será de: = ( 1.000 - 0.729 ) = 0.271 m<sup>3</sup>

$$( 0.271 ) * ( 2.52 ) * 1000 = 681 \text{ Kg/m}^3$$

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 ( 876 ) \* ( 1.020822 ) = 894 Kg.  
 Agregado Fino húmedo ( 681 ) \* ( 1.0822 ) = 738 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:

$$184 - 876 * \left( \frac{2.08 - 2.03}{100} \right) - 681 \left( \frac{8.22 - 2.92}{100} \right) = 147$$

### DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	(Kg/m <sup>3</sup> )	PESO SECO	(Kg/m <sup>3</sup> )	PESO HÚMEDO
Cemento	391	1.00	391	1.00
Agua	184	0.47	147	0.38
Agreg. Grueso	876	2.24	894	2.28
Agreg. Fino	681	1.74	738	1.88
Aire	6.0 %		6.0 %	

### 9.21 BOLSAS / m<sup>3</sup> DE CEMENTO

#### DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	:	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	:	80.06 Kg.
Agregado grueso húmedo	:	97.04 Kg.
Agua efectiva	:	16.00 Kg.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO  
M.S.C.A.  
JEFATURA  
JULIACA PERÚ

Mgtr. ARNALDO YANATORRES  
CIP 103257



## DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies<sup>3</sup>

1.0 Bolsa de Cemento:	Redondeo
- 1.84 p3 de Arena	1.8 p3 de Arena
- 2.31 p3 de Grava	2.3 p3 de Grava
- 16 Lt de Agua	16 Lt de Agua

## RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

\* Se debera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

## OBSERVACIONES:

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO  
M.S.C.A.  
JEFATURA  
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**MUESTRA** : PATRÓN

**LUGAR** : CIUDAD DE JULIACA

**FECHA** : 16 DE DICIEMBRE DEL 2023

### EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-1	27190.00	15.00	176.63	153.94	210	18/11/2023	25/11/2023	7	73.30%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-2	26880.00	15.00	176.63	152.18	210	18/11/2023	25/11/2023	7	72.47%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-3	27550.00	15.00	176.63	155.98	210	18/11/2023	25/11/2023	7	74.27%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					154.03					

### EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-1	32570.00	15.00	176.63	184.40	210	18/11/2023	02/12/2023	14	87.81%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-2	31950.00	15.00	176.63	180.89	210	18/11/2023	02/12/2023	14	86.14%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-3	32450.00	15.00	176.63	183.72	210	18/11/2023	02/12/2023	14	87.48%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					183.00					

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-1	38100.00	15.00	176.63	215.71	210	18/11/2023	16/12/2023	28	102.72%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-2	39200.00	15.00	176.63	221.93	210	18/11/2023	16/12/2023	28	105.68%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-3	37180.00	15.00	176.63	210.50	210	18/11/2023	16/12/2023	28	100.24%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					216.04					

#### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FIOP  
CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A.  
Mecánica de Suelos, Concreto y Asfaltos  
JULIACA - PERÚ  
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**MUESTRA** : CONCRETO PATRÓN SOMETIDO A CONGELAMIENTO

**LUGAR** : CIUDAD DE JULIACA

**FECHA** : 16 DE DICIEMBRE DEL 2023

### EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRÓN SOMETIDO A CONGELAMIENTO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm	22500.00	15.06	176.63	127.38	210	18/11/2023	25/11/2023	7	60.66%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.08 x 30.0 cm	23060.00	15.08	176.63	130.56	210	18/11/2023	25/11/2023	7	62.17%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	21900.00	15.04	176.63	123.99	210	18/11/2023	25/11/2023	7	59.04%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					127.31					

### EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRÓN SOMETIDO A CONGELAMIENTO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	24900.00	15.03	176.63	140.97	210	18/11/2023	02/12/2023	14	67.13%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm	25710.00	15.06	176.63	145.56	210	18/11/2023	02/12/2023	14	69.31%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	26550.00	15.02	176.63	150.31	210	18/11/2023	02/12/2023	14	71.58%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					145.62					

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN SOMETIDO A CONGELAMIENTO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	32150.00	15.02	176.63	182.02	210	18/11/2023	16/12/2023	28	86.68%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.10 x 30.0 cm	33100.00	15.10	176.63	187.40	210	18/11/2023	16/12/2023	28	89.24%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm	31820.00	15.07	176.63	180.15	210	18/11/2023	16/12/2023	28	85.79%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					183.19					

#### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A.  
JEFATURA  
Mg. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**MUESTRA** : C° + SIKA AER (0.06%) SOMETIDO A CONGELAMIENTO

**LUGAR** : CIUDAD DE JULIACA

**FECHA** : 16 DE DICIEMBRE DEL 2023

### EDAD : 7 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) SOMETIDO A CONG.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	25140.00	15.03	176.63	142.33	210	18/11/2023	25/11/2023	7	67.78%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-2	26070.00	15.05	176.63	147.60	210	18/11/2023	25/11/2023	7	70.28%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-3	25110.00	15.06	176.63	142.16	210	18/11/2023	25/11/2023	7	67.70%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					144.03					

### EDAD : 14 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) SOMETIDO A CONG.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-1	29220.00	15.04	176.63	165.43	210	18/11/2023	02/12/2023	14	78.78%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-2	29360.00	15.02	176.63	166.22	210	18/11/2023	02/12/2023	14	79.15%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-3	28900.00	15.04	176.63	163.62	210	18/11/2023	02/12/2023	14	77.91%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					165.09					

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) SOMETIDO A CONG.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	33320.00	15.03	176.63	188.64	210	18/11/2023	16/12/2023	28	89.83%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-2	33560.00	15.02	176.63	190.00	210	18/11/2023	16/12/2023	28	90.48%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-3	33810.00	15.06	176.63	191.42	210	18/11/2023	16/12/2023	28	91.15%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					190.02					

#### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**MUESTRA** : C° + SIKA AER (0.06%) + SIKAMENT 306 (0.8%) SOMETIDO A CONGELAMIENTO

**LUGAR** : CIUDAD DE JULIACA

**FECHA** : 16 DE DICIEMBRE DEL 2023

### EDAD : 7 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) + SIKAMENT 306 (0.8%)

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-1	26870.00	15.05	176.63	152.13	210	18/11/2023	25/11/2023	7	72.44%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-2	27050.00	15.02	176.63	153.14	210	18/11/2023	25/11/2023	7	72.93%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-3	26330.00	15.03	176.63	149.07	210	18/11/2023	25/11/2023	7	70.99%
PROMEDIO kg/cm2					151.45					

### EDAD : 14 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) + SIKAMENT 306 (0.8%)

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-1	30550.00	15.06	176.63	172.96	210	18/11/2023	02/12/2023	14	82.36%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm M-2	29880.00	15.07	176.63	169.17	210	18/11/2023	02/12/2023	14	80.56%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-3	30740.00	15.02	176.63	174.04	210	18/11/2023	02/12/2023	14	82.87%
PROMEDIO kg/cm2					172.05					

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) + SIKAMENT 306 (0.8%)

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-1	40200.00	15.05	176.63	227.59	210	18/11/2023	16/12/2023	28	108.38%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-2	39880.00	15.04	176.63	225.78	210	18/11/2023	16/12/2023	28	107.52%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-3	39700.00	15.01	176.63	224.76	210	18/11/2023	16/12/2023	28	107.03%
PROMEDIO kg/cm2					226.05					

#### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO  
M.S.C.A.  
JEFATURA  
JULIACA - PERÚ

Mgr. ARNALDO YANATORRES  
CIF 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**MUESTRA** : PATRÓN

**LUGAR** : CIUDAD DE JULIACA

**FECHA** : 16 DE DICIEMBRE DEL 2023

### EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-1	37260.00	15.02	176.63	210.95	280	18/11/2023	25/11/2023	7	75.34%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-2	36920.00	15.05	176.63	209.02	280	18/11/2023	25/11/2023	7	74.65%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-3	37700.00	15.03	176.63	213.44	280	18/11/2023	25/11/2023	7	76.23%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					211.14					

### EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-1	42810.00	15.00	176.63	242.37	280	18/11/2023	02/12/2023	14	86.56%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-2	43560.00	15.06	176.63	246.62	280	18/11/2023	02/12/2023	14	88.08%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-3	43010.00	15.02	176.63	243.50	280	18/11/2023	02/12/2023	14	86.97%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					244.16					

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-1	51900.00	15.06	176.63	293.83	280	18/11/2023	16/12/2023	28	104.94%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-2	52600.00	15.02	176.63	297.80	280	18/11/2023	16/12/2023	28	106.36%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-3	51410.00	15.04	176.63	291.06	280	18/11/2023	16/12/2023	28	103.95%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					294.23					

#### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
Mgtr. ARNALDO YAMATORRES  
CIP 103257



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**MUESTRA** : CONCRETO PATRÓN SOMETIDO A CONGELAMIENTO

**LUGAR** : CIUDAD DE JULIACA

**FECHA** : 16 DE DICIEMBRE DEL 2023

### EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRÓN SOMETIDO A CONGELAMIENTO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F°C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	32620.00	15.03	176.63	184.68	280	18/11/2023	25/11/2023	7	65.96%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm M-2	33010.00	15.07	176.63	186.89	280	18/11/2023	25/11/2023	7	66.75%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-3	32540.00	15.05	176.63	184.23	280	18/11/2023	25/11/2023	7	65.80%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					185.26					

### EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRÓN SOMETIDO A CONGELAMIENTO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F°C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-1	37150.00	15.05	176.63	210.33	280	18/11/2023	02/12/2023	14	75.12%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-2	36920.00	15.01	176.63	209.02	280	18/11/2023	02/12/2023	14	74.65%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-3	37330.00	15.06	176.63	211.35	280	18/11/2023	02/12/2023	14	75.48%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					210.23					

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN SOMETIDO A CONGELAMIENTO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F°C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-1	43500.00	15.04	176.63	246.28	280	18/11/2023	16/12/2023	28	87.96%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-2	44020.00	15.06	176.63	249.22	280	18/11/2023	16/12/2023	28	89.01%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-3	42910.00	15.04	176.63	242.94	280	18/11/2023	16/12/2023	28	86.76%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					246.15					

#### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO  
M.S.C.A.  
JEFATURA  
JULIACA PERU

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**MUESTRA** : C° + SIKA AER (0.06%) SOMETIDO A CONGELAMIENTO

**LUGAR** : CIUDAD DE JULIACA

**FECHA** : 16 DE DICIEMBRE DEL 2023

### EDAD : 7 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) SOMETIDO A CONG.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-1	33220.00	15.05	176.63	188.08	280	18/11/2023	25/11/2023	7	67.17%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm M-2	32660.00	15.07	176.63	184.91	280	18/11/2023	25/11/2023	7	66.04%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.08 x 30.0 cm M-3	33360.00	15.08	176.63	188.87	280	18/11/2023	25/11/2023	7	67.45%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					187.28					

### EDAD : 14 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) SOMETIDO A CONG.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-1	38750.00	15.06	176.63	219.39	280	18/11/2023	02/12/2023	14	78.35%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-2	38860.00	15.05	176.63	220.01	280	18/11/2023	02/12/2023	14	78.57%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm M-3	39880.00	15.07	176.63	225.78	280	18/11/2023	02/12/2023	14	80.64%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					221.73					

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) SOMETIDO A CONG.

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-1	45320.00	15.05	176.63	256.58	280	18/11/2023	16/12/2023	28	91.64%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-2	45370.00	15.06	176.63	256.86	280	18/11/2023	16/12/2023	28	91.74%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-3	45730.00	15.02	176.63	258.90	280	18/11/2023	16/12/2023	28	92.47%
PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup>					257.45					

#### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A.  
JEFATURA  
Mtro. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TESIS** : DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. MARCO VEGA CAYO

**MUESTRA** : C° + SIKA AER (0.06%) + SIKAMENT 306 (0.8%) SOMETIDO A CONGELAMIENTO

**LUGAR** : CIUDAD DE JULIACA

**FECHA** : 16 DE DICIEMBRE DEL 2023

### EDAD : 7 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) + SIKAMENT 306 (0.8%)

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	35140.00	15.03	176.63	198.95	280	18/11/2023	25/11/2023	7	71.05%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-2	36060.00	15.05	176.63	204.16	280	18/11/2023	25/11/2023	7	72.91%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-3	35080.00	15.01	176.63	198.61	280	18/11/2023	25/11/2023	7	70.93%
PROMEDIO kg/cm2					200.57					

### EDAD : 14 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) + SIKAMENT 306 (0.8%)

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-1	40110.00	15.04	176.63	227.08	280	18/11/2023	02/12/2023	14	81.10%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-2	39660.00	15.02	176.63	224.54	280	18/11/2023	02/12/2023	14	80.19%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-3	40720.00	15.06	176.63	230.54	280	18/11/2023	02/12/2023	14	82.34%
PROMEDIO kg/cm2					227.39					

### EDAD : 28 DIAS - MUESTRA C° + SIKA AER(0.06%) + SIKAMENT 306 (0.8%)

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm M-1	53600.00	15.07	176.63	303.46	280	18/11/2023	16/12/2023	28	108.38%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-2	55180.00	15.04	176.63	312.40	280	18/11/2023	16/12/2023	28	111.57%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-3	53470.00	15.04	176.63	302.72	280	18/11/2023	16/12/2023	28	108.12%
PROMEDIO kg/cm2					306.20					

#### OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A.  
JEFATURA

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 16-08-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: MARCO VEGA CAYO  
Dirección: AV. REPUBLICA PERUANA S/N  
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 47550851  
Teléfono: 987916736 email: marcovc1510@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: INGENIERIA CIVIL  
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL  
Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:  
Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: DISEÑO DE CONCRETO POR DURABILIDAD CON LA ADICIÓN DE ADITIVOS  
SUPERPLASTIFICANTE E INCORPORADOR DE AIRE PARA SU EMPLEO A BAJAS  
TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): DURABILIDAD, TEMPERATURA, ADITIVOS, ASENTAMIENTO, RESISTENCIA

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1, 2</sup>?

1, 2

<sup>1</sup> 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, entre otros relacionados.  
<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Título  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 comerciales 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



**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 LA CONSTRUCCIÓN

  
Firma de Autor



huella digital

16-08-2024

Fecha