



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



**ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE
RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON
AGREGADO NO CONVENCIONAL
EN LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

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

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE
RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON
AGREGADO NO CONVENCIONAL
EN LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

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

:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 359-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 26 de julio de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 082-2024-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°259-2024 de fecha 18 de junio de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Civil** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**, 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: **JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil** de acuerdo al siguiente detalle:

* FECHA	:	martes 30 de julio de 2024
* HORA	:	10:00
* LUGAR	:	Aula 406 - 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 CIENCIAS PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531C.c. Arch. 2024
Interesado
Escuela Profesional



RESOLUCIÓN DECANAL N° 259-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de junio de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 100-2024-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Civil, **INFORME N° 067-2024-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 475-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **23 de junio de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **22 de mayo de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO.**

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** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 457-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO.**

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: **JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO.**

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 **Mgtr. 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,



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

Dr. MILTHON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95631

cc
archivo 2024
interesado ta)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 475-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de junio 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 235-2023-D-UI-FICP.UANCV**, del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 060-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 044-2023-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 **31 de mayo de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**, 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** : **Mgr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**, 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: **JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**.

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, **Mgr. 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.

 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
MGR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
DR. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 99531

cc.
archivo 2023
interesado (a)



ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
3	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
8	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1%

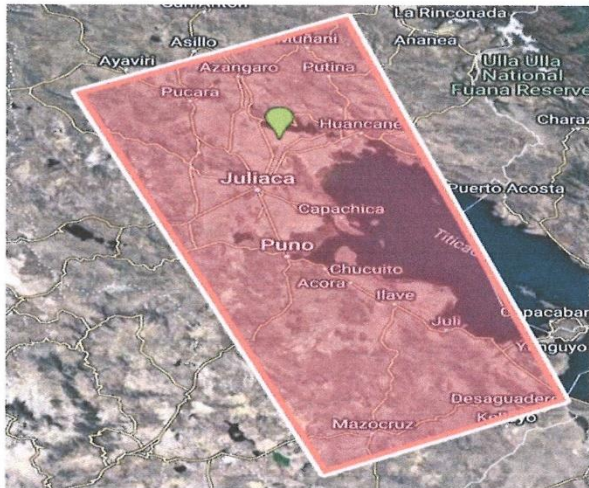


Metadatos Complementarios UANCV



Título de la tesis	
ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN DE PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70155920
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-0585-7254
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	41414676
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: S 70° 01' 18'' - Longitud: O 15° 50' 15''  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1otUiFUQs1u3yxmPa2GOodl7k35VJ-bU&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2023 – Junio 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</p> <p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PLURIAS
 DIRECTOR
 Dr. Efraín Pineda Sosa
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Julio Anderson Mamani Tipula, identificado con DNI Nro. 70155920, en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:
“ Análisis y diseño de concreto ligero de resistencia media elaborado con agregado no convencional en la región de Puno ”

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 02 de OCTUBRE del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante



Huella



DEDICATORIA

A mis padres.



AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater Universidad
Andina Néstor Cáceres Velásquez.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xv

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Interrogante general.....	4
1.2.2. Interrogantes específicas	4
1.3. Delimitaciones de la investigación	4
1.4. Justificación de la investigación	5
1.4.1. Justificación técnica	5
1.4.2. Justificación económica.....	6
1.4.3. Justificación ambiental.....	6
1.4.4. Justificación social	6



- 1.5. Objetivos..... 7
 - 1.5.1. Objetivo general7
 - 1.5.2. Objetivos específicos8
 - 1.5.3. Hipótesis8
 - 1.5.4. Hipótesis general.....8
 - 1.5.5. Hipótesis específicas8
- 1.6. Variables e indicadores..... 9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

- 2.1. Antecedentes de la investigación.....10
- 2.2. Marco teórico21
 - 2.2.1. Características del cemento IP21
 - 2.2.2. Los agregados y clasificación22
 - 2.2.3. El agua y el curado en el concreto30
 - 2.2.4. Aditivos en el concreto.....32
 - 2.2.5. Diseño de mezclas45
 - 2.2.6. Concreto ligero48
- 2.3. Protección contra el fuego74
- 2.4. Marco conceptual75

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Diseño de mezclas para la producción de concreto con materiales no



- convencionales79
- 3.1.1. Población y muestra79
- 3.1.2. Características geográficas de la cantera en estudio.80
- 3.1.3. Características físicas y mecánicas de agregado fino y material no convencional a emplearse en el estudio81
- 3.1.4. Características resistentes de materiales no convencionales a emplearse en el estudio81
- 3.2. Diseño de mezclas de concreto ligero con material no convencional por el método del comité 211 del ACI84
 - 3.2.1. Método del comité 211 del ACI conceptos generales84
 - 3.2.2. Diseño secuencia85
 - 3.2.3. Aplicación87
- 3.3. Fundamento sobre concreto de mediana resistencia93

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1. Variación de la resistencia del concreto ligero96
 - 4.1.1. Propuesta de concreto ligero de resistencia media sin adición de aditivos96
 - 4.1.2. Propuesta de concreto ligero de resistencia media con adición de aditivos97
 - 4.1.3. Análisis de los resultados de resistencia del concreto ligero de resistencia media sin adición de aditivos Propuesta I – A99
 - 4.1.4. Análisis de resultados de ensayos de resistencia del concreto ligero



con adición de Sika fume y Euco 537	100
4.1.5. Comparación de resultados según su la adición de aditivos del concreto ligero	107
4.2. Análisis de la consistencia del concreto ligero fresco con la variación de euco 537	109
4.3. Análisis del peso específico del concreto ligero con la adición de los aditivos sika fume y euco 537	111
4.3.1. Comparación de resultados según su la adición de aditivos.....	114
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES	118
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	120
ANEXOS.....	122



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1 Mapa geológico del cuadrángulo de Juliaca.	3
Figura 2 Clasificación de agregados ligeros.....	53
Figura 3 Tipos de concretos ligeros	54
Figura 4 Grupos de concretos ligeros	54
Figura 5 Relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la compresión de concretos aerados	60
Figura 6 Rango de variación en el contenido agua-cemento en concretos ligeros	63
Figura 7 Relación entre módulo de elasticidad y peso volumétrico seco en concretos ligeros celulares.....	65
Figura 8 Relación entre el módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión en concretos ligeros celulares	65
Figura 9 Relación entre módulo de elasticidad y resistencia a la compresión en concretos con agregados ligeros	66
Figura 10 Diseño de concreto ligero con 2% de sika fume y 91.95 ml de euco 537	100
Figura 11 Diseño de concreto ligero con 4% de sika fume y 91.95 ml de euco 537	102
Figura 12 Diseño de concreto ligero con 6 % de sika fume y 91.95 ml de euco 537	103
Figura 13 Diseño de concreto ligero con 8 % de sika fume y 28.58 ml de euco 537	105
Figura 14 Diseño de concreto ligero con 10 % de sika fume y 28.58 ml de euco	



537	106
Figura 15 Comparación de resultados según su la adición de aditivos	107
Figura 16 Ecuación para hallar posibles resistencias con distintos porcentajes de sika fume	108
Figura 17 Comparación de resultados según su la adición de aditivos euco 537	110
Figura 18 Comparación de resultados según su peso específico	114



ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1 Características geográficas de la cantera laraqueri	80
Tabla 2 Características físicas de agregados cantera: laraqueri	81
Tabla 3 Características resistentes de agregados cantera: laraqueri	83
Tabla 4 Clasificación de concreto según su resistencia	94
Tabla 5 Variación del porcentaje (%) de abrasión de piedra pómez.....	94
Tabla 6 Diseño de concreto sin aditivos propuesta i – a.....	96
Tabla 7 Diseño de concreto ligero con 2% de sika fume y 91.95 ml de euco 537 ..	97
Tabla 8 Diseño de concreto ligero con 4% de sika fume y 91.95 ml de euco 537 ..	97
Tabla 9 Diseño de concreto ligero con 6% de sika fume y 91.95 ml de euco 537 ..	98
Tabla 10 Diseño de concreto con 8% de sika fume y 28.56 ml de euco 537	98
Tabla 11 Diseño de concreto con 10% de sika fume y 28.56 ml de euco 537 ..	98
Tabla 12 Diseño de concreto ligero sin aditivos.....	99
Tabla 13 Diseño de concreto ligero con 2% de sika fume y 91.95 ml de euco 537 ..	100
Tabla 14 Diseño de concreto ligero con 4% de sika fume y 91.95 ml de euco 537 ..	101
Tabla 15 Diseño de concreto ligero con 6 % de sika fume y 91.95 ml de euco 537	103
Tabla 16 Diseño de concreto ligero con 8 % de sika fume y 28.58 ml de euco 537	104
Tabla 17 Diseño de concreto ligero con 10 % de sika fume y 28.58 ml de euco 537	106
Tabla 18 Comparación de resultados según su la adición de aditivos	107
Tabla 19 Diseño de concreto 350 kg/cm2 sin aditivos.....	109
Tabla 20 Dosificación de euco 537 según peso de cemento y sika fume.....	109



Tabla 21 Comparación de datos de revenimiento (slum)	110
Tabla 22 Diseño de concreto sin aditivos propuesta i – a.....	111
Tabla 23 Diseño de concreto con 2% de sika fume y 91.95 ml de euco 537.....	112
Tabla 24 Diseño de concreto con 4% de sika fume y 91.95 ml de euco 537.....	112
Tabla 25 Diseño de concreto con 6% de sika fume y 91.95 ml de euco 537.....	112
Tabla 26 Diseño de concreto con 8% de sika fume y 28.56 ml de euco 537..	113
Tabla 27 Diseño de concreto con 10% de sika fume y 28.56 ml de euco 537	113
Tabla 28 Comparación de resultados según su peso específico.....	114



RESUMEN

El hormigón es el material de construcción más utilizado en los Estados Unidos debido a su amplio uso y a su conocida reputación de ser seguro y duradero. La industria de la construcción hace un uso extensivo de él, incluidas viviendas residenciales, complejos de edificios múltiples y desarrollos comerciales, entre otros tipos de proyectos de construcción.

Mediante el uso de aditivos y piedra pómez como material no convencional en la zona de Puno, el propósito de este estudio es desarrollar un concreto liviano que tenga un nivel medio de resistencia. De acuerdo con la metodología establecida por el Comité ACI 211, el diseño contempla la producción de muestras que contengan proporciones variables de aditivos (2%, 4%, 6%, 8% y 10%), además de un grupo de control que no incluye añadidos de ningún tipo. Se realizaron pruebas en el laboratorio sobre un total de veinticuatro moldes.

De acuerdo a los resultados de las pruebas de compresión y el cálculo del peso específico de cada molde, se ha encontrado que la resistencia puede alcanzar hasta el 243.26% del valor de diseño de 350 kg/cm², que es el valor máximo que se puede alcanzar. logrado. También es evidente en el peso que conlleva este logro. En comparación con el peso típico del concreto, la adición de piedra pómez y aditivos al concreto resultó en una reducción de peso del quince por ciento. Es posible que la composición estructural de la piedra pómez sea responsable de este aumento general de las capacidades físicas y mecánicas del material. Debido a la abundante presencia de poros en la piedra pómez, este hormigón tiene cualidades térmicas y acústicas. Estas



características son el resultado de la piedra pómez. Esta investigación tiene el potencial de mejorarse con la ayuda de tecnología de punta, algo que debe tenerse en cuenta.

Palabras Claves: Concreto, Aditivo, Piedra pómez, Resistencia.



ABSTRACT

Concrete has a reputation for being a safe and long-lasting substance, which contributes to its widespread usage as a construction material in our country. As a result, concrete is the most often used building material. A wide variety of construction projects, including residential, commercial, and building complexes, make use of it.

The purpose of this study is to develop a lightweight concrete with a medium strength by integrating additives and making use of pumice stone as an unconventional material in the Puno area. It is the technique of the ACI - Committee 211 that is followed throughout the design process. After that, specimens are molded with different amounts of additives (2%, 4%, 6%, 8%, and 10%), as well as without any additives at all, which results in a total of 24 molds. In the laboratory, these molds are subsequently put through their paces.

The results of the compression test and the computation of the specific weight of each mold led to the conclusion that the strength might possibly reach 243. This conclusion was reached based on the data acquired from the compression test. The design of the concrete was enhanced by 26% in comparison to the original strength of 350 kilograms per square centimeter. In addition to this, the weight of the concrete was lowered by fifteen percent in comparison to the typical weight of standard concrete. It was possible to accomplish this decrease by the use of pumice stone and additives, which resulted in an improvement of the concrete's physical and mechanical qualities. Additionally, the concrete was able to achieve high levels of thermal and acoustic efficiency because to the porous nature of the pumice stone. The fact that more



progress in this study might be accomplished with the aid of new technology is a crucial point to keep in mind.

Keywords: Foundations, settlement, humidity and capillary rise.



INTRODUCCIÓN

El objetivo de este estudio, presentado como tesis profesional para obtener el título de ingeniero civil, es explorar varios elementos significativos del concreto liviano de mediana resistencia utilizando materiales no convencionales y sus correspondientes aplicaciones. La mayoría de las construcciones en el Perú y nuestra región son de concreto convencional, el cual se produce con materiales tradicionales como los áridos de río. Sin embargo, el uso excesivo de estos materiales ha provocado la degradación de nuestra región. Por lo tanto, existe una creciente preocupación por encontrar nuevos materiales no convencionales que puedan reducir los impactos ambientales causados por la industria de la construcción. Además, al disminuir la masa total de un edificio, se puede mejorar su durabilidad.

Este estudio demuestra que el hormigón tradicional puede sustituirse por hormigón ligero de resistencia media creado a partir de materiales no convencionales. Esta sustitución tiene muchas ventajas, incluida la mejora de las propiedades térmicas y acústicas de las estructuras, lo que se traduce en un mayor confort para la población.

Además, este estudio demuestra que la piedra pómez se puede utilizar en la fabricación de hormigón, disipando así la idea errónea de que es un material delicado incapaz de cumplir con los requisitos estructurales.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

Debido a la explotación excesiva de materiales provenientes de canteras fluviales, la zona de Puno ha sufrido un proceso de deterioro. Como consecuencia de esto, existe una creciente necesidad de utilizar recursos alternativos para reducir el daño ambiental creado por la industria de la construcción.

El uso de piedra pómez como material no tradicional para muros de carga en lugares como panaderías, discotecas o salones de eventos es una opción alternativa que podría considerarse. Hay características importantes que tiene la piedra pómez, incluida la capacidad de aislar eficientemente el ruido y controlar las altas temperaturas. Esto se debe a que la piedra pómez tiene propiedades termoacústicas, las cuales pueden estar relacionadas con la cantidad de poros que están presentes dentro de su estructura.

La carga viva y la carga muerta son dos aspectos esenciales que se



deben tener en cuenta a la hora de construir una estructura. El peso de la estructura, y más concretamente el peso del hormigón, está directamente relacionado con la carga muerta de la estructura. Mediante el uso de piedra pómez, el propósito de esta investigación es disminuir el peso del concreto. Cuando la gravedad específica del hormigón disminuye, es bien sabido que, como consecuencia, la resistencia del material disminuirá. Por lo tanto, para combatir esto, se recomienda utilizar Sika Fume para preservar la resistencia a la compresión del hormigón nuevo, mientras que Eucon 537 se debe utilizar para mejorar la trabajabilidad del hormigón fresco. Al utilizar este método, es posible obtener un concreto liviano moderadamente duradero, que puede abordar de manera efectiva los desafíos asociados con áreas extensas de cimientos.

1.2. Planteamiento del problema

La creciente tendencia mundial a satisfacer las demandas de construcción de estructuras imponentes y puentes de gran luz en circunstancias difíciles ha estimulado los avances en la tecnología del hormigón. Este progreso está impulsado por la investigación sobre nuevos materiales y técnicas de dosificación. Además, en nuestro país, y particularmente en nuestra localidad, no son ajenos a nuestras necesidades de construcción. En consecuencia, surge la siguiente consulta:

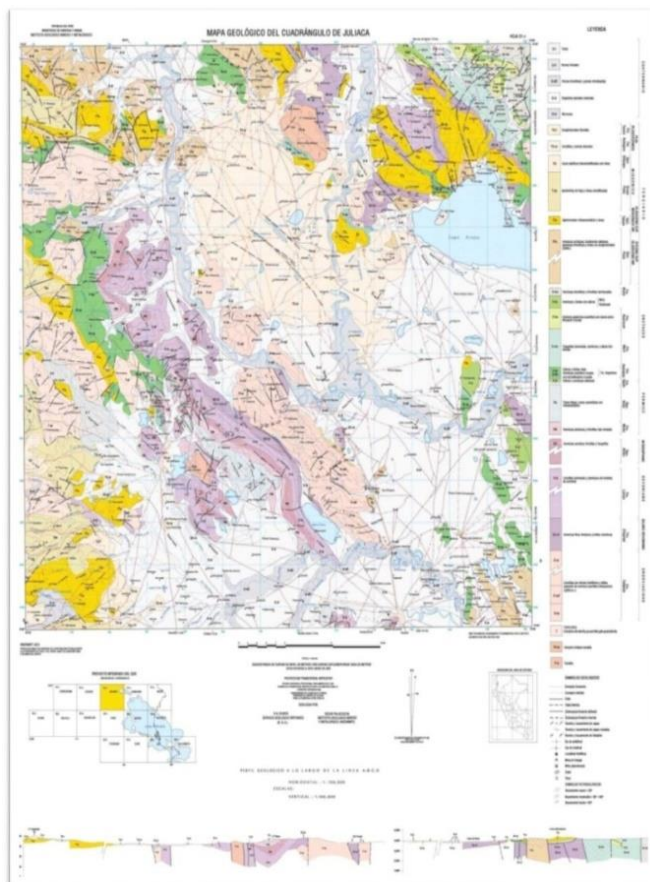
¿Es posible crear un concreto liviano y de resistencia media utilizando elementos poco comunes en la región Puno?

Para brindar una solución a este problema, primero debemos examinar el problema en cuestión y considerar dos factores cruciales:

1. La región de Puno exhibe una variedad de formaciones geológicas, lo que resulta en diferentes capacidades de carga del suelo. Por ejemplo, la ciudad de Juliaca presenta áreas con baja capacidad de carga debido a la presencia de formaciones arcillosas en su estratigrafía. Además, existe una tendencia creciente a construir edificios más altos, lo que aumentará la carga muerta.
2. En respuesta al importante aumento poblacional en la región Puno, se sugiere construir edificios más grandes, particularmente con fines residenciales, que puedan albergar a un mayor número de personas en un espacio más pequeño. Por ello se recomienda un tipo de hormigón adecuado para este fin. Muestra resistencia manteniendo una calidad liviana.

Figura 1

Mapa Geológico del cuadrángulo de Juliaca.



Nota: INDECI



1.2.1. Interrogante general

¿Qué efecto tiene la incorporación de aditivos y el uso de piedra pómez en la composición estructural del concreto de resistencia liviana a media que se produce en la zona de Puno utilizando componentes no convencionales?

1.2.2. Interrogantes específicas

1. ¿Cuándo se introducen aditivos al concreto liviano, ¿qué tipo de impacto tendrá esto en el desempeño final del concreto?
2. La piedra pómez tiene ciertos atributos físicos y mecánicos que pueden usarse en la fabricación de concreto.
3. ¿Cuál es la resistencia máxima que se puede lograr con el concreto liviano creado con piedra pómez y que no incluye otras sustancias?

1.3. Delimitaciones de la investigación

Los siguientes dominios serán el enfoque principal de la investigación que se llevará a cabo para esta tesis:

Para confeccionar el agregado grueso se utilizará la piedra pómez que se extrae de la región de Puno. En el distrito de Pichacani - Laraqueri, situado en el altiplano a una altura de 3.975 metros sobre el nivel del mar y muy cerca del lago Titicaca, este material se encuentra en grandes cantidades. Además, es bien sabido que se puede encontrar en grandes cantidades en la región de Arequipa, además de estar presente en otros lugares de la región, aunque en menores cantidades en toda la región. Con el fin de determinar el peso específico de cada diseño de concreto hidráulico y realizar ensayos de resistencia a la compresión,



se crearán cuatro especímenes.

La cantidad máxima permitida de Sika Fume no debe superar el 10%, según se especifica en su documentación técnica. Crear diferentes proporciones de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% para el diseño de mezclas.

Según la ficha técnica, la dosis recomendada de Euco 537 es de aproximadamente 65 ml por cada 10 kilogramos de cemento. Sin embargo, esta dosis se puede ajustar en función de la trabajabilidad deseada del hormigón.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación técnica

La justificación de esta investigación radica en que se identificarán las proporciones específicas de componentes que se requieren para fabricar concreto liviano de resistencia media. Dentro del alcance de esta discusión, el diseño de la composición y el proceso de mezcla son las características más importantes.

Se puede aumentar la clasificación de resistencia al fuego de una estructura de hormigón en un edificio utilizando hormigón estructural ligero. La tecnología utilizada para producir concreto ha avanzado tanto en su resistencia como en su peso a partir del año 1990. Por otro lado, no se ha logrado fabricar concreto que contenga simultáneamente ambas propiedades, y esto es especialmente cierto en la zona de Puno. Actualmente se están llevando a cabo importantes proyectos de desarrollo en toda la zona, particularmente en la ciudad de Juliaca. Por tanto, es necesario estudiar nuevas tecnologías y tendencias de desarrollo.



1.4.2. Justificación económica

En la mayoría de los casos, el mayor costo del concreto liviano se compensa con el menor tamaño de los componentes estructurales, la menor necesidad de acero de refuerzo y el menor volumen de concreto requerido. El costo total de construcción de una estructura puede reducirse como resultado de todos estos aspectos individualmente y en conjunto.

La existencia de porosidad en el agregado liviano facilita el curado interno del concreto, lo que en última instancia resulta en un aumento sostenido de la resistencia y durabilidad del concreto. Debido a esto, se incrementará la cantidad de tiempo que se podrá aprovechar esta estructura.

La explotación excesiva de los ríos provocará cambios en el perfil hidráulico, lo que dará lugar a la creación de un embalse. Río abajo, cuando se reduce el perfil, esto aumentará la probabilidad de inundaciones agrícolas e industriales, lo que resultará en pérdidas económicas.

1.4.3. Justificación ambiental

Actualmente, hay un aumento rápido y significativo de proyectos de construcción como escuelas, puentes y residencias. Estos agregados de piedra son necesarios porque desempeñan un papel importante en la producción de hormigón, razón por la cual son tan importantes. Para evitar tensiones excesivas, se sugieren nuevos materiales. El uso de canteras fluviales tendría como resultado impactos ambientales significativos.

1.4.4. Justificación social

El uso de piedra pómez como sustancia no convencional brindará a las



personas las siguientes ventajas:

- En la zona de extracción de la piedra pómez, podrá emplearse mano de obra de la zona para que de este modo genere empleo a la población aledaña.
- Como se tiene conocimiento de que la piedra pómez posee características térmicas acústicas, esta propiedad dará mayor confort en viviendas de la población.

Como se ha dicho anteriormente, la fluctuación del perfil hidráulico, que provoca el secado de las zonas de agua estancada de los ríos, genera condiciones adversas para la salud de la población cercana y dificulta cualquier actividad dentro de las zonas afectadas.

Los insectos que se reproducen en aguas estancadas pueden provocar el desarrollo de focos infecciosos, aumentando el riesgo de transmisión de enfermedades a los humanos.

La zona de Puno es muy susceptible a fenómenos naturales desfavorables, lo que la convierte en uno de los lugares de mayor riesgo del país. Por tanto, la explotación excesiva de las canteras situadas en los ríos provoca inundaciones como consecuencia de los cambios en el perfil hidráulico del cauce del río.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un concreto liviano de resistencia media incluyendo aditivos y utilizando piedra pómez como material no convencional en la zona de Puno.



1.5.2. Objetivos específicos

1. Examinar el impacto sobre las propiedades mecánicas, la resistencia química y la trabajabilidad del concreto cuando se incluyen aditivos y piedra pómez.
2. Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la piedra pómez que se utilizará en la fabricación de concreto liviano y moderadamente resistente.
3. Calcular el mayor nivel de resistencia que presenta el hormigón ligero al incluir piedra pómez.

1.5.3. Hipótesis

1.5.4. Hipótesis general

Las cualidades físico-mecánicas del hormigón ligero de resistencia media se pueden mejorar incluyendo aditivos y utilizando piedra pómez en su construcción.

1.5.5. Hipótesis específicas

1. El uso de aditivos mejora la resistencia mecánica, la durabilidad química y la trabajabilidad del hormigón.
2. Las propiedades mecánicas y físicas (como el bajo peso específico, las propiedades acústicas y las propiedades térmicas) de la piedra pómez reducirán efectivamente el peso específico y mejorarán el rendimiento térmico y acústico del hormigón.
3. Utilizando piedra pómez y evitando la inclusión de aditivos, es posible obtener el nivel deseado de resistencia de diseño.



1.6. Variables e indicadores

1.6.1. Variable independiente:

Diseño de concreto ligero

- **Indicadores**
 - Propiedades mecánicas de los materiales.
 - Relación agua cemento.
 - Diseño de mezclas.
 - Calidad de los materiales.
 - Piedra pómez

1.6.2. Variable dependiente:

Propiedades físico – mecánicas del concreto ligero de resistencia media

- **Indicadores**
 - Resistencia a la compresión.
 - Durabilidad.
 - Trabajabilidad.
 - Asentamiento.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

A menudo se pasa por alto la preparación del hormigón, especialmente cuando se trata del papel crucial de los áridos. Al ser el hormigón un material pétreo artificial, los áridos desempeñan un papel vital a la hora de conseguir propiedades mecánicas óptimas, como una mayor resistencia a la compresión y un peso reducido tanto en estado fresco como sólido. Para lograrlo, el hormigón debe tener un esqueleto de piedra bien equilibrado, ligero, pero suficientemente compacto para ofrecer resistencia. La compresión se logra mediante el uso de agregados adecuados y una preparación adecuada. Además, se pueden incluir aditivos para mejorar sus propiedades.

Los antecedentes no demuestran la utilización de concreto liviano que sea a la vez resistente a la compresión y elaborado con agregados de arcilla expandida. Sin embargo, los Estados Unidos de América emplearon hormigón con agregados de arcilla expandida en la construcción naval durante la Primera Guerra Mundial. Además, los bloques hechos del mismo material se han utilizado



sistemáticamente en el país desde principios de la década de 1920. Sin embargo, salvo algunas acciones esporádicas durante la guerra, el hormigón de arcilla expandida no se utilizó oficialmente en la construcción naval en Gran Bretaña hasta 1950.

La escoria espumosa de alto horno se trajo por primera vez a Inglaterra a mediados de la década de 1930 y desde entonces ha adquirido un uso generalizado como agregados livianos. Antes de esto, el uso de PIEDRA PÓMEZ NATURAL se había visto en algunos casos en Gran Bretaña; sin embargo, su aplicación cesó tras la conclusión de la Segunda Guerra Mundial.

Durante la década de 1950, se consideraba que el hormigón que tenía una resistencia a la compresión de 350 kg/cm³ después de 28 días tenía un alto nivel de resistencia. Durante la década de 1960, en Estados Unidos y Japón se utilizaba comercialmente hormigón con una resistencia a la compresión de 500 kg/cm³ después de 28 días.

En el pasado, los investigadores examinaron el hormigón de alta resistencia y el hormigón ligero por separado. Sin embargo, no se ha desarrollado un material concreto que combine resistencia y ligereza, como lo demuestra una investigación realizada por colegas de esta institución de educación superior.

“LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CON EL USO DE ADITIVOS”

**UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES
VELÁSQUEZ**



AUTOR: CARLOS ALBERTO TOLEDO GONZA

RESUMEN

Los hormigones de alta resistencia, logrados mediante la inclusión de microsilíce en la mezcla junto con un superplastificante u otros aditivos químicos, constituyen una categoría novedosa de hormigón que exhibe una resistencia a la compresión superior a la del hormigón tradicional después de 28 días. La presión puede alcanzar hasta 500 kg/cm², dependiendo de los materiales y de la región específica de aplicación de los aditivos.

Estos hormigones, que incluyen aditivos, tienen una amplia gama de usos. Entre ellos, la construcción de edificios de gran altura es el más investigado. La principal limitación está en la comprensión incompleta de las características y acciones de estos hormigones cuando se combinan con aditivos. Pueden existir varios casos en los que el aditivo sea incompatible con los materiales en las regiones específicas de su aplicación.

En muchas aplicaciones se requiere hormigón de alta resistencia para satisfacer demandas locales específicas. Estas aplicaciones incluyen presas, pilotes de hormigón pretensado, cimientos marinos, garajes, plataformas de puentes, pisos industriales de alta resistencia y producción industrial.

A pesar de ser visto como un material relativamente reciente, el hormigón de alta resistencia tiene una amplia aceptación en varias regiones de América del Norte.

El objetivo de este proyecto de estudio es determinar la funcionalidad de los aditivos en campo y posteriormente contribuir a la evaluación y gestión de la



resistencia del hormigón. El objetivo final es mejorar la calidad, evitar problemas de seguridad y mejorar la eficacia. Minimizar los problemas relacionados con las fluctuaciones en la resistencia dentro de los componentes estructurales de una construcción o estructura en particular.

CONCLUSIONES

El objetivo de esta tesis es evaluar y aportar soluciones alternativas, específicamente en ingeniería hidráulica, ya que este aditivo tiene la capacidad de soportar altos niveles de resistencia en presencia de agua. Es importante señalar que este aditivo fue sometido a pruebas de laboratorio a nivel del mar, las cuales arrojaron resultados muy positivos. Sin embargo, las pruebas realizadas en nuestros laboratorios locales mostraron el resultado opuesto. Por lo tanto, se puede concluir que a grandes altitudes la resistencia del aditivo disminuye debido a factores como la altitud, el clima y el medio ambiente.

En el Perú actualmente no existe evidencia suficiente para identificar y especificar con precisión una determinada conducta. Normalmente, se recomienda realizar pruebas preliminares particulares para determinar la utilización más efectiva en función de las circunstancias de trabajo y el costo.

Actualmente se entiende que las cualidades físicas, químicas y mecánicas de los agregados tienen un impacto significativo en las propiedades del concreto. Las características del hormigón endurecido incluyen no sólo su acabado, calidad final, trabajabilidad y consistencia en estado plástico, sino también su durabilidad, resistencia, propiedades termoelásticas, cambio de volumen y peso unitario. Generalmente, las propiedades de densidad de los agregados son cruciales.



El objetivo de esta tesis fue evaluar la interacción entre los aditivos y los materiales locales y el agua. Estas interacciones dieron como resultado niveles variables de resistencia durante diferentes períodos de tiempo, como lo indican los resultados. No es exacto concluir que el aditivo en sí sea de mala calidad, sino más bien que las reacciones observadas durante el análisis del aditivo afectaron la preparación de la mezcla de concreto.

El agregado, cuando se usa incorrectamente, no cumple un propósito cohesivo como ingrediente complementario en el concreto, comprometiendo así la integridad de los edificios resultantes.

La decisión de utilizar hormigón de alta resistencia en cualquier proyecto debe abordarse con cautela, considerando las diversas posibilidades que ofrecen los distintos tipos de aditivos.

Observando los hormigones con una relación agua-cemento de 0,45, podemos observar que la combinación C-2 presenta una resistencia de 341,77 kg/cm² a los 28 días.

Para hormigones con una relación agua-cemento de 0,40, la resistencia de la mezcla A-3 se observa que aumenta de 370,63 kg/cm² a los 28 días a 397,19 kg/cm² a los 56 días, cuando se utilizan aditivos como microsílíce y superplastificante.

No se recomienda el uso excesivo de microsílíce, ya que disminuye significativamente la cantidad de cemento utilizado. Durante este proceso, una proporción significativa de la adición permanece sin reaccionar debido al suministro inadecuado de hidróxido de calcio del cemento. Tras la observación



de las mezclas B3 y B4, es evidente que hay poca disparidad en el crecimiento de la resistencia. Además, se puede observar que la mezcla A3 presenta una mayor resistencia en comparación con la mezcla A4. Esto implica que una proporción significativa de microsilíce no contribuye al desarrollo de resistencia. Será ventajoso. Se requerirán proporciones bajas de agua y material cementoso superplastificante.

Por lo tanto, al diseñar combinaciones utilizando microsilíce, es necesario tener dos objetivos principales:

- Preparar concretos de resistencias superiores a los 600 kg/cm^2 .
- Preparar concretos de alta durabilidad.

Para optimizar completamente las ventajas de la microsilíce y los superplastificantes, es necesario curar los hormigones que contienen estas adiciones ya sea por métodos húmedos o por inmersión.

Con base en pruebas de laboratorio, se puede concluir que cuando se combinan microsilíce y superplastificante, la mezcla de concreto se vuelve más cohesiva y más fácil de colocar en moldes de briquetas. Esto se debe a que las mezclas contienen una cantidad importante de material cementoso y tienen una adecuada distribución de tamaños de partículas. Las mezclas exhiben cualidades de ser ricas, trabajables y consistentes, lo que resulta en una colocación satisfactoria. Cada capa se compacta con 25 golpes utilizando una varilla.

De igual manera, se han notado variaciones y respuestas diversas en relación con los áridos y el agua en nuestra región. Sin embargo, los resultados



obtenidos no cumplieron con los esperados debido a diversos factores. Vale la pena señalar que se requiere más investigación sobre el uso de microsílíce en nuestra área, como lo demuestra la investigación de tesis. Las proporciones recomendadas de este aditivo se utilizaron de acuerdo con las directrices de los fabricantes. Este aditivo en particular no ha sido utilizado en ningún proyecto de construcción u obra de gran envergadura en nuestro departamento de Puno debido a su alto costo y a que solo está disponible en dólares, ya que no es de producción nacional.

“DISEÑO DE CONCRETO POROSO DE RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS”

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

AUTOR: ALVARES FERNÁNDEZ LINDA AMANDARESUMEN

El uso generalizado de pavimentos impermeables, particularmente en regiones fuertemente urbanizadas, plantea desafíos sustanciales en la evaluación de las condiciones de las aguas pluviales y de la escorrentía aguas abajo. El uso incontrolado de estas construcciones en las regiones metropolitanas disminuye en gran medida la capacidad inherente del territorio para reponer sus recursos hídricos, al tiempo que amplifica sustancialmente la cantidad y velocidad del escurrimiento del agua en la superficie, aumentando así la probabilidad de inundaciones en las partes más bajas de los lugares. Urbanizaciones. Además, cuando las precipitaciones se escurren, transportan sustancias sólidas y diversos contaminantes que se han acumulado en las carreteras y zonas de aparcamiento, provocando contaminación.

En los últimos años, ha surgido un enfoque global en el diseño de



pavimentos como solución para mitigar los impactos negativos de las dos situaciones antes mencionadas. Este enfoque implica la construcción de pavimentos con estructuras que faciliten la infiltración del agua a través de la capa superficial, evitando la acumulación de agua en la superficie y su posterior escurrimiento aguas abajo. Al abordar estos problemas asociados con los pavimentos impermeables, este método de diseño alternativo tiene como objetivo minimizar sus efectos adversos. El tratamiento del agua que ha penetrado en el interior de un edificio puede variar según el destino individual. Para lograrlo, se requiere un pavimento especialmente diseñado.

Para pavimentos de carreteras o vías transitadas, la estructura se crearía con una forma de pavimento estándar, pero con la adición de una capa permeable en la parte superior. El agua penetrada fluiría hacia la capa impermeable o revestimiento geosintético y será dirigida horizontalmente alejándose de la estructura. Esto permitiría un drenaje rápido del agua superficial, reduciendo así el peligro de precipitaciones. Para pavimentos urbanos de baja tensión, la estructura puede diseñarse con capas permeables debajo de la superficie de la carretera (base y/o subbase) para que sirvan como estanque de almacenamiento. Si las circunstancias lo permiten, también puede funcionar como estanque de infiltración.

Los sistemas de pavimento que tienen la capacidad de permitir que el agua pase a través de su capa superficial generalmente se denominan "pavimento permeable". Este término categoriza dos tipos de construcciones de manera más inclusiva: pavimentos permeables y pavimentos porosos.

Los pavimentos permeables se construyen utilizando materiales



impermeables, a menudo prefabricados, que tienen un patrón geométrico que permite que el agua superficial se filtre hacia las capas subyacentes. Esto puede ocurrir a través de aberturas en los bloques o espacios entre las juntas.

Los pavimentos porosos, por el contrario, son construcciones de hormigón diseñadas específicamente para ser permeables. Se elaboran con granulometrías sin finos e incluyen espacios interconectados, permitiendo el paso del agua. Normalmente, los huecos constituyen entre el 15 y el 25% del volumen del pavimento. Debido a su limitado uso en los pavimentos de nuestro país, el diseño de mezclas para estos pavimentos y su permeabilidad necesitan de una investigación más detallada. Este estudio se centra en analizar y evaluar este diseño en particular.

La investigación aquí presentada ha sido estudiada en las ciudades de Cajamarca, Chiclayo y recientemente en la ciudad de Arequipa, bajo diversas condiciones y factores. Esta investigación fue publicada previamente en Colombia, donde se determinó la dosificación de cada material para el diseño de concreto poroso. Esta dosis sirvió de base para el trabajo de laboratorio realizado en esta investigación. Este estudio presenta la dosis precisa de ingredientes para el concreto poroso en la ciudad de Juliaca.

Los datos proporcionados incluyen los resultados de la preparación de muestras de concreto regular y concreto poroso, es decir, la resistencia a la compresión medida a los 7, 14 y 28 días, así como el porcentaje de permeabilidad observado en ambas situaciones.



CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación demuestran que el hormigón poroso posee un coeficiente de permeabilidad de $K=23,85 \text{ cm}^3/\text{seg}$ y una resistencia a la compresión de $f'c=100,17 \text{ kg/cm}^2$. Estos resultados indican de forma inequívoca que el hormigón con estas características específicas no es apto para su aplicación en pavimentos rígidos.

El hormigón poroso, sin aditivos plastificantes, tiene una resistencia media a la compresión de $100,17 \text{ kg/cm}^2$, muy por debajo de la resistencia requerida para aplicaciones estructurales.

Al incorporar un aditivo, las propiedades mecánicas del hormigón poroso presentan una resistencia promedio de $200,04 \text{ kg/cm}^2$, cifra inferior a la resistencia deseada. Sin embargo, sigue siendo adecuado para su uso en vías de poco tráfico, estacionamientos, aceras y aplicaciones similares. En este tipo de carreteras es suficiente una resistencia de 175 kg/cm^2 .

La permeabilidad del hormigón poroso es del 23,85% en condiciones normales. Sin embargo, cuando se añade un aditivo, la permeabilidad disminuye al 15,95%. Estos resultados indican que la adición del aditivo reduce la permeabilidad y aumenta la resistencia a la compresión en el hormigón poroso. Por el contrario, sin el aditivo, la permeabilidad aumenta y la resistencia a la compresión disminuye.

***“PROPUESTA PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO LIGERO Y
CONCRETO PESADO EN LA CIUDAD DE JULIACA” UNIVERSIDAD:
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ***



AUTOR: OSCAR ZELA CHOQUEWILSON APAZA TORRES RESUMEN

El objetivo de esta investigación, presentada como tesis profesional para la obtención del título de ingeniero civil, es explorar diversos aspectos significativos del hormigón ligero y del hormigón pesado, junto con sus respectivas aplicaciones. Se observa que la mayoría de las construcciones en el Perú, particularmente en la sierra, se construyen utilizando concreto convencional en todos los aspectos constructivos. Sin embargo, este estudio pretende demostrar los beneficios potenciales de incorporar hormigón ligero y hormigón pesado en tramos específicos de estas construcciones, con el objetivo de reducir el peso y los costes generales.

Este estudio demuestra que el hormigón estándar puede transformarse en hormigón ligero o pesado mediante el uso de diferentes técnicas de sustitución de materiales.

El ingeniero civil debe poseer una comprensión integral de la tecnología detrás del concreto para poder evaluar efectivamente su comportamiento al sustituir materiales tradicionales, así como para identificar y comprender las disparidades y variaciones entre el concreto convencional y las opciones alternativas.

CONCLUSIONES

El proceso de fabricación del hormigón ligero y del hormigón pesado es comparable al del hormigón normal. Sin embargo, es crucial abordar el control de calidad de los áridos, ya que estos son los únicos elementos que permiten una fluctuación significativa en sus densidades.



Los hormigones ligeros, obtenidos mediante el uso de agregados de baja densidad, presentan una pérdida significativa de resistencia a la compresión, a menudo alrededor del 30%.

Al utilizar partículas de mayor densidad, el hormigón pesado tiene una característica inherente que da como resultado una mejora del 7% en su resistencia a la compresión.

En Juliaca existe una producción limitada de concreto liviano, mientras que se desconoce la producción de concreto pesado. Si bien el concreto pesado tiene similitudes con el concreto pesado convencional en términos de tecnología, requiere precauciones adicionales debido a su alta densidad, lo que puede afectar el equipo, los encofrados y el personal.

Hay dos técnicas principales para colar hormigón pesado: convencional, que implica mezclar, transportar y colar, o agregado prefabricado, que consiste en verter agregado grueso.

Una forma de aumentar la densidad del hormigón pesado es incluyendo sílice condensada con vapor, ya sea como sustituto parcial del cemento o como material adicional. Otro método es utilizar aditivos reductores de agua de alto rango, que reducen el contenido de agua y mejoran la trabajabilidad.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Características del cemento IP

En su forma más básica, el cemento Portland es un clinker finamente molido que se fabrica quemando a temperaturas extremas combinaciones que comprenden arcilla, cal, rocas calcáreas, hierro, alúmina y sílice en cantidades

precisamente definidas. El proceso de molienda de clinker también utiliza yeso, que se agrega al proceso para controlar la cantidad de tiempo que tarda el clinker en fraguar.

El hormigón se fabrica utilizando los siguientes tipos de cementos:

a. Cementos hidráulicos:

Son cementos que, incluso estando completamente sumergidos en agua, producen una reacción química que hace que fragüen y se vuelvan más rígidos.

b. Cemento Aluminoso:

También conocida como alto contenido de alúmina, se produce calentando una combinación de bauxita y piedra caliza, generalmente hasta que finalmente se completa el proceso de fusión. Un aluminato monocálcico (CA) es el componente principal de la sustancia.

c. Cementos expansivos:

Durante el proceso de hidratación, estos cementos se transforman en una pasta que experimenta una menor expansión.

2.2.2. Los agregados y clasificación

El hormigón es un material que se compone de una mezcla de cemento, agua, áridos y aditivos opcionales en proporciones específicas. Inicialmente tiene una estructura que es plástica y se puede moldear, pero con el tiempo adquiere una consistencia rígida que tiene propiedades aislantes y resistentes, lo que indica que es un material. Excelente para uso en construcción.



2.2.2.1. Clasificación de los agregados para concreto

Cuando se trata de Tecnología del Concreto, las categorías que discutiremos a continuación no son necesariamente las únicas ni las más completas; más bien, son una respuesta a la práctica típica.

A. Por su procedencia

Se clasifican en:

– Agregados naturales

Los procesos geológicos naturales que se han producido en el planeta durante miles de años son responsables de la formación de estas rocas. además de aquellos que son recuperados, elegidos y tratados con el fin de maximizar su uso en la fabricación del hormigón.

Como resultado de su amplia disponibilidad en términos de calidad y cantidad, estos agregados son los agregados más utilizados en todo el mundo, y especialmente en nuestro país. Esto se debe a que son perfectos para la producción de hormigón.

– Agregados artificiales

La transformación de los recursos naturales da como resultado la fabricación de productos secundarios que, tras sufrir un procesamiento adicional, pueden utilizarse en la fabricación de hormigón. Estos productos son el resultado del proceso de transformación.



La escoria de alto horno y la arcilla cocida son dos componentes que pueden encontrarse en determinados áridos de este tipo. hormigón reprocesado, microsíllice, etc. Estos materiales tienen una gama muy amplia de usos posibles, hasta el punto de que actualmente se están investigando y desarrollando materiales adicionales y las aplicaciones que les son especiales. Como resultado, existe una tendencia muy clara hacia el avance en este sentido a escala mundial.

B. Por su gradación

La distribución volumétrica de las partículas se denomina gradiente y es de suma importancia en el hormigón, como hemos dicho anteriormente. Según el método habitual, la distinción entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) se realiza en base a partículas mayores o menores a 4,75 milímetros (Norma ASTM Malla #4).

C. Por su densidad

Debido a que la densidad se define como la gravedad específica, que es el peso entre el volumen de los sólidos y la densidad del agua, es una práctica común categorizar los sólidos como normales cuando su valor de G_e cae entre 2,5 y 2,75, ligeros cuando su valor de G_e es menor. superior a 2,5, y pesado cuando su valor G_e es superior a 2,75. Cada uno de ellos exhibe comportamientos distintos con respecto al concreto, y cada uno tiene su propio conjunto de enfoques y métodos de diseño y aplicación que son específicos de sus propios casos.



2.2.2.2. Características físicas

Las cualidades de densidad, resistencia, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, a menudo denominada granulometría o gradación, son vitales en los agregados. En general, estas características son necesarias.

A. Condiciones de saturación

Es posible absorber visualmente las nociones de saturación en sus múltiples fases, que se utilizarán a lo largo de la construcción de este capítulo. Comenzando con el estado seco y continuando hasta que tenga humedad superficial, esto es algo que se puede hacer.

B. Peso específico. (SPECIFIC GRAVITY)

Sin tener en cuenta los espacios que existen entre las partículas, es el cociente que se obtiene dividiendo el peso de las partículas por su volumen. El criterio estándar para su determinación en laboratorio está establecido por las Normas ASTM C-127 y C-128, que diferencian tres formas distintas de expresarlo en función de las circunstancias de saturación.

El hecho de que las expresiones de la norma sean adimensionales es algo que hay que tener en cuenta. Para adquirir el parámetro que se utilizará en los cálculos es necesario multiplicar estas expresiones por la densidad del agua en las unidades que se deseen. En el caso de los áridos típicos, su valor se sitúa entre 2.500 y 2.750 kg/m³.

C. Peso unitario

Cuando se divide el peso de las partículas por el volumen total, que incluye los huecos, el cociente que se obtiene es el resultado. Debido a que tiene



en cuenta los espacios que existen entre las partículas, está sujeto a la disposición de las mismas, lo que a su vez lo convierte en un parámetro relativo hasta cierto punto.

Luego de compactar las partículas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en tres capas, la Norma ASTM C-29 describe la técnica estándar para evaluar el estado de disposición de las partículas. Este método se utiliza para lograr los resultados deseados Para el propósito de estimar proporciones y también para realizar conversiones de dosis en peso a dosis en volumen, el valor que se obtuvo es el que se emplea en ciertos enfoques de diseño de mezclas. Para agregados estándar, el valor de peso unitario. puede variar entre 1.500 y 1.700 kilogramos por metro cúbico.

D. Porcentaje de vacíos

Cuando el volumen se expresa como porcentaje de los espacios entre las partículas de agregado, se hace referencia a esta medida.

Además, depende de la configuración de las partículas, lo que significa que su valor es relativo, como ocurre con el peso unitario.

Utilizando los valores de peso particular y peso unitario estándar, el método para calcularlo está establecido por la misma norma ASTM C-29 que se mencionó anteriormente:

Formula 1: % De Vacíos

$$\% DV = 1 \left[\frac{(S * W) - M}{S * W} \right]$$

Dónde:



S = Peso específico de masa.

W = Densidad del agua.

M = Peso unitario compactado, seco.

E. Absorción

Se refiere a la capacidad de los agregados para permitir que el agua llene los espacios que están presentes en el interior de las partículas.

El fenómeno se produce como consecuencia de la capilaridad, que impide que los poros se llenen por completo cuando hay aire atrapado constantemente en su interior.

F. Porosidad

La cantidad de espacio que existe dentro de las partículas agregadas es la que es. Debido al hecho de que es representativo de la estructura interna de las partículas, tiene un efecto significativo sobre todos los demás atributos que poseen los agregados.

Es posible que los valores típicos en los agregados normales se encuentren entre el 0 y el 15 %, sin embargo, el rango típico suele estar entre el 1 y el 3 por ciento. Es posible que los agregados livianos tengan porosidades que oscilan entre el 15 y el 50 por ciento. Un ejemplo de ello es la PIEDRA PÓMEZ, que al inspeccionarla visualmente revela un número importante de poros.

G. Humedad

Se refiere a la cantidad de agua superficial que es retenida por las



partículas de árido en un determinado momento. Debido a que juega un papel en el aumento del agua de amasado en el concreto, es una característica esencial que debe ser tomada en consideración en conjunto con la absorción para realizar los ajustes necesarios en la dosificación del se mezclan para asegurar que se cumplan las hipótesis que se asumen.

2.2.2.3. Características resistentes

Estas características son las que le dan la capacidad de soportar los esfuerzos o tensiones creados por fuentes externas. Son los que componen estas propiedades. Los más importantes son los siguientes:

A. Resistencia

La capacidad de absorber la aplicación de fuerzas como compresión, corte, tracción y flexión. La resistencia a la compresión es el método estándar para determinarla. Para ello es imprescindible realizar ensayos sobre núcleos cilíndricos o cúbicos de un tamaño adecuado al equipo de ensayo. Estos núcleos se perforan o cortan a partir de una muestra de tamaño adecuado.

La porosidad y la absorción están inversamente relacionadas con la resistencia a la compresión, pero el peso específico está directamente relacionado con la resistencia a la compresión.

Los áridos que se consideran normales tienen resistencias a la compresión que oscilan entre 750 y 1.200 kg/cm² y un peso específico que oscila entre 2,5 y 2,7.

Los áridos ligeros y con un peso específico comprendido entre 1,6 y 2,5 suelen presentar resistencias que oscilan entre 200 y 750 kg/cm².



B. Tenacidad

En general, esto es lo que se conoce como resistencia al impacto. Además de la angularidad y rugosidad de la superficie, está más estrechamente asociada con la tensión presente en flexión que con la tensión presente en compresión.

Se destaca las cualidades del hormigón frente a impactos que son esenciales en términos prácticos, al tiempo que se evalúan los problemas en el procesamiento del material por trituración. Por lo tanto, es vital considerar tales características. En él se adopta un enfoque cualitativo más que cuantitativo.

C. Dureza

Denota la capacidad de resistir la abrasión provocada por la interacción de partículas o factores externos.

La Máquina Los Ángeles se utiliza para evaluar la resistencia a la abrasión de los agregados de concreto. Este aparato consta de un cilindro metálico que alberga doce esferas de acero, cada una de ellas con un diámetro de 46,8 milímetros y un peso que oscila entre 390 y 445 gramos. El agregado se introduce en la máquina junto con las esferas, que en conjunto pesan 5.000 ± 25 gramos. El conjunto sufre un número predeterminado de rotaciones, ya sea 100 o 500, lo que da como resultado la generación de fricción entre las partículas. La interacción entre las esferas de muestra da como resultado la liberación de material de sus superficies, que posteriormente se cuantifica y se presenta como porcentaje. Las normas ASTM C-131 y C-535 son las pertinentes. El hormigón que se produce utilizando áridos que tienen altos valores de desgaste por

abrasión (más del cincuenta por ciento) suele tener cualidades de resistencia insuficientes.

2.2.3. El agua y el curado en el concreto

2.2.3.1. El agua para el concreto

Se ha observado previamente que el agua juega un papel crucial a la hora de hidratar el cemento y facilitar el desarrollo de sus características. En consecuencia, este componente debe cumplir criterios específicos para poder desempeñar eficazmente su papel en la combinación química. Además, es imperativo que la presencia de elementos específicos en el material no dé lugar a problemas adicionales que puedan dañar el hormigón.

Además, mientras investigamos el mecanismo de hidratación del cemento, notamos que agregar agua adicional durante la fase de curado conduce a una mayor hidratación del cemento. En consecuencia, el agua utilizada en el hormigón debe cumplir con criterios específicos para lograr el éxito.

2.2.3.2. El agua de mezcla

El agua para mezclar el hormigón tiene tres propósitos principales:

- Hacer reaccionar el cemento con agua para iniciar el proceso de hidratación.
- Actuar como lubricante para mejorar la maniobrabilidad del conjunto.
- Asegúrese de que la pasta tenga una estructura de huecos



adecuada para permitir el desarrollo de productos de hidratación.

Por lo tanto, la cantidad de agua incorporada a la mezcla de hormigón normalmente pretende mejorar la maniobrabilidad del hormigón. El proceso de hidratación del cemento es directamente proporcional a la cantidad de agua presente.

Son las impurezas y la cantidad de esas impurezas las que son la principal fuente de los problemas que surgen al combinar el agua. Estos contaminantes inducen procesos químicos que alteran el comportamiento característico de la pasta de cemento. Un criterio práctico para evaluar la idoneidad del agua para su uso en la fabricación de hormigón es determinar su potabilidad. Esto se debe a que es poco probable que el agua que no causa daños a los humanos cause daños al concreto.

Debido a la utilización de agua no potable en la producción de hormigón, no existe una directriz definitiva que especifique las restricciones sobre la composición química requerida para el agua de amasado. Sin embargo, el resultado está muy influenciado por el tipo específico de cemento utilizado y la presencia de impurezas en los ingredientes. Más componentes a considerar.

2.2.3.3. EL AGUA PARA CURADO

La Norma ITINTEC 339.088 y el Comité ACI-318 han establecido un criterio para evaluar la idoneidad de aguas específicas para su uso en concreto. Este criterio implica preparar cubos de mortero según la norma ASTM C-109, utilizando el agua en cuestión y compararlos con cubos similares elaborados con agua potable. Si la resistencia a la compresión de los cubos tratados con el agua



de prueba a los 7 y 28 días es igual o superior al 90 por ciento de la resistencia a la compresión de los cubos de control, entonces el agua se considera adecuada para agregarla al concreto.

2.2.4. Aditivos en el concreto

Estos componentes, ya sean orgánicos o inorgánicos, se añaden a la mezcla ya sea durante el proceso de formación de la pasta de cemento o después de su creación. Estos materiales alteran directamente algunas características del proceso de hidratación, proceso de endurecimiento y estructura interna del hormigón.

Es posible realizar cualquier tipo de trabajo técnico de manera más efectiva si se estiman y manejan todos los peligros. Los aditivos son una opción viable que permite mejorar consistentemente las mezclas de concreto y los procedimientos de construcción.

El uso limitado de aditivos en el concreto en nuestro país se atribuye principalmente a la opinión predominante de que su elevado costo no justifica su aplicación rutinaria. Sin embargo, realizar un análisis exhaustivo del aumento del precio de los metros cúbicos de hormigón (normalmente oscila entre el 0,5% y el 5% dependiendo del producto específico), junto con el ahorro en mano de obra, horas de operación, mantenimiento de equipos, reducción de tiempos de construcción, y una mayor vida útil de las estructuras, se puede inferir que el gasto adicional es generalmente insignificante en comparación con los beneficios sustanciales obtenidos.



En áreas de la Sierra Peruana que sufren ciclos de hielo-deshielo y rápidas fluctuaciones de temperatura, es crucial utilizar aditivos incorporadores de aire y fijadores como aceleradores para prevenir la ocurrencia de estos fenómenos. Estos efectos, junto con los resultados de posibilidades inexploradas sobre la influencia de la altura en el comportamiento del hormigón: los reductores de agua son esenciales para la construcción de hormigón armado en las zonas costeras que se extienden por más de cinco mil kilómetros, así como en las ciudades y pueblos cercanos. Estos agentes reductores de agua mejoran la resistencia al agua y la durabilidad del hormigón, haciéndolo más resistente a la corrosión del refuerzo. El desarrollo de soluciones técnicas regionales plantea una dificultad cuando se trata de utilizar agregados marginales en áreas remotas y desconocidas. La abundancia de resinas vegetales ofrece una excelente oportunidad para la creación de aditivos que puedan contribuir a resolver estos problemas. En cuanto a los aditivos, se han realizado amplios estudios para examinar las propiedades químicas del cemento y su interacción con diversas sustancias. Además, la implementación final de aplicaciones reales abarca una multitud de fenómenos tangibles, en particular la fase de interferencia realizada por los ingenieros civiles. La ausencia de trabajo multidisciplinario en este sector deja muy claro que ni siquiera se puede considerar la posibilidad de avanzar en la investigación en esta área.

Las universidades cuentan con importantes recursos humanos y tecnológicos, y proponemos un cambio de mentalidad para fomentar la promoción de tesis interdisciplinarias, particularmente en el campo de los aditivos específicos. Este cambio produciría beneficios sustanciales para la nación.



2.2.4.1. Clasificación de aditivos

Cuando se trata de producir diversos aditivos, los clasificaremos en función de las cualidades específicas que alteran en el hormigón. Las cualidades del hormigón son las principales características que se buscan en obra buscando una solución alternativa que no se puede alcanzar con el hormigón convencional.

2.2.4.2. Aditivos acelerantes

Sustancias que acortan el tiempo que tarda la pasta de cemento en endurecerse normalmente o aceleran el tiempo que tarda en desarrollarse la resistencia normal. Estos beneficios incluyen, entre otros, los siguientes:

- Desnudo en una duración más corta de lo habitual.
- Disminución del tiempo de espera requerido para lograr un pulido superficial.
- Disminución de la duración del proceso de curado.
- Avances en el establecimiento de edificios.
- Existe la posibilidad de abordar rápidamente las fugas de agua en las construcciones hidráulicas.
- Disminución de depresiones en el encofrado, permitiendo mayores alturas de vertido.
- Para mitigar el impacto de las bajas temperaturas durante el clima frío, acelere el proceso de generación de calor a través de la hidratación, elevando así la temperatura del concreto y posteriormente mejorando su resistencia.



Los aceleradores generalmente reducen el tiempo que tarda el concreto en fraguar por primera vez y alcanzar su dureza final. Esto se puede determinar utilizando métodos estándar, como las agujas supervisoras especificadas en ASTM-C-403, que evalúan la resistencia del concreto a la penetración. Se utilizan varias agujas metálicas de diferentes diámetros junto con un mecanismo de aplicación de carga para medir con precisión la presión ejercida sobre el mortero. La presión se logra pasando el concreto a través de un tamiz con una abertura de tamaño No. 4. Normalmente, el fraguado inicial se define como el punto en el que se necesita una fuerza de 500 libras por pulgada cuadrada para permitir que la aguja penetre una pulgada. Por otro lado, el fraguado final se determina cuando es necesaria una presión de 4.000 libras por pulgada cuadrada para conseguir el mismo nivel de penetración.

Este método se utiliza para aceleradores estándar, que tienen una velocidad de acción suficiente para permitir una mezcla y producción regulares de hormigón. Sin embargo, los aceleradores inusuales, empleados en escenarios específicos como el hormigón proyectado, requieren técnicas alternativas como las agujas Gillmore debido a su proceso de endurecimiento notablemente acelerado.

Los concretos que contienen aceleradores tienen una resistencia reducida a los sulfatos y también son más propensos a los cambios volumétricos inducidos por la temperatura.

El cloruro de calcio (Cl_2Ca) es el acelerante que más se utiliza en todo el mundo y también es un componente de una amplia variedad de artículos comerciales comunes.



Para cumplir su finalidad, reacciona con el aluminato tricálcico y actúa como catalizador del silicato tricálcico, lo que conduce a un proceso acelerado de formación de cristales en forma de fibras. Generalmente disponible en forma de escamas con una pureza del 77% o, alternativamente, en forma de polvo o gránulos con una pureza mínima del 94%. Cuando se diluye, se debe agregar constantemente al agua para garantizar que se incorpore a la solución, y no al revés. Si no se completa esta tarea, se formará una capa densa que es altamente resistente a la disolución. El cloruro de calcio plantea un riesgo potencial de provocar corrosión en el acero de refuerzo. Por lo tanto, su aplicación debe ser monitoreada cuidadosamente.

2.2.4.3. Aditivos reductores de agua –plastificantes

Los compuestos orgánicos e inorgánicos se utilizan en el hormigón para reducir el consumo de agua en comparación con circunstancias típicas. Esto conduce a propiedades mejoradas de trabajabilidad y resistencia, lo que se logra al disminuir la relación agua-cemento.

El efecto de superficie se refiere al proceso mediante el cual operan. Este fenómeno conlleva la creación de un contacto entre cemento y agua dentro de la pasta. Este contacto disminuye las fuerzas de cohesión entre las partículas, mejorando así el proceso de hidratación.

Además, muchos de ellos también producen el efecto aniónico, del que ya hablamos en relación con los incorporadores de aire. Normalmente reducen la cantidad de agua como mínimo entre un cinco y un diez por ciento. Proporcionan una serie de beneficios, incluidos los siguientes:



- Reducir la cantidad de cemento puede generar beneficios económicos.
- Una ventaja de utilizar mezclas con alta trabajabilidad es que simplifica el proceso constructivo facilitando la colocación y compactación de los materiales. Esto ahorra tiempo y trabajo.
- Trabaje con asentamientos más grandes manteniendo sin cambios la relación Agua/Cemento.
- Se ha producido una notable mejora en la impermeabilización.

La dosis típica es entre el 0,2 por ciento y el 0,5 por ciento del peso total del cemento, y es necesario diluir el cemento en el agua de mezcla antes de usarlo.

Mantener la adición de aditivos, si es necesario, para devolver el hormigón a su estado plástico.

Normalmente, la dosis oscila entre el 0,2 por ciento y el 2 por ciento del peso del cemento. Es importante tener precaución al administrar dosis excesivas porque tienen el potencial de causar segregación en caso de que las mezclas presenten tendencia al espesor o retrasos en el tiempo de fraguado. Esto requiere la extensión e intensificación del proceso de curación, a veces durante varios días, aunque eventualmente emerge un comportamiento normal.

2.2.4.4. Aditivos súper plastificantes

La acción aniónica se ha amplificado enormemente en estos reductores-plastificantes de agua, que son un tipo específico de reductor de agua. Estos avances han sido significativos en el ámbito de la tecnología del hormigón en



todo el mundo, ya que han permitido la producción de hormigón con una resistencia notablemente alta.

Actualmente existe un grupo de entidades denominadas de tercera generación. Estos avances ofrecen técnicas innovadoras para modificar mezclas de concreto, lo que resulta en ahorros significativos en el uso de agua que antes eran inimaginables hace apenas unos años. Durante el proceso de dosificación y fabricación del hormigón, se añaden diluidos al agua de amasado. Alternativamente, se pueden incorporar a una mezcla de concreto estándar en el sitio justo antes del vertido, lo que resulta en alteraciones significativas en la trabajabilidad del concreto.

Por ejemplo, la adición de superplastificante a una mezcla estándar con una caída de aproximadamente dos a tres pulgadas puede aumentar el asentamiento a alrededor de seis a ocho pulgadas, manteniendo al mismo tiempo la proporción de agua a cemento en la mezcla terminada.

El efecto es sólo temporal y dura un mínimo de treinta a cuarenta y cinco minutos, según el producto específico y la dosis. Sin embargo, el uso de plastificantes sólo permite aportar características autonivelantes al hormigón convencional, como hemos comentado. Esto los hace ideales para piezas fundidas que tienen mucha congestión de refuerzo y donde la vibración es limitada.

2.2.4.5. Aditivos impermeabilizantes

En la actualidad, los productos comúnmente empleados son reductores de agua, que disminuyen la permeabilidad reduciendo la relación agua-cemento



y eliminando pequeños espacios en el material. El uso de aditivos en esta categoría es prácticamente mínimo, ya que en la práctica los productos utilizados son principalmente reductores de agua.

Está destinado a su uso en obras hidráulicas, que son el tipo de lugares donde es necesario maximizar la estanqueidad de las estructuras.

Aplicar un reductor de agua muy sofisticado es inútil ya que no puede garantizar la impermeabilidad. Se debe dotar al hormigón de las condiciones adecuadas para evitar la aparición de fracturas. Sin embargo, si el diseño estructural no considera la correcta colocación, ninguna adición podrá proporcionar impermeabilización. Si el proceso de construcción y curado no se optimiza para evitar grietas, o si las juntas que son vulnerables a la contracción y expansión no se optimizan, pueden surgir problemas. Este significado subjetivo ha sido introducido principalmente por los fabricantes, aunque en realidad se trata simplemente de reductores de agua. Hemos observado proyectos hidráulicos donde las normas técnicas exigen explícitamente el uso de aditivos impermeabilizantes. Esta afirmación es engañosa y conduce a ambigüedad debido a su falta de precisión y la consiguiente confusión.

ADITIVOS RETARDADORES

El propósito es extender el tiempo de fraguado del concreto para lograr un período más largo de trabajabilidad, lo que ayuda en el proceso de construcción. Bajo las condiciones especificadas, su propósito principal está asegurado.

- a. Vertidos de concretos complejos y/o de gran escala, donde el uso



de mezclas con fraguado convencional resultaría en juntas adicionales debido a la secuencia de colocación del concreto.

- b. Colado en clima cálido, donde se acelera la velocidad de curado de las combinaciones tradicionales.
- c. Transportar hormigón a lo largo de largas distancias para evitar obstrucciones. Transporte de hormigón a larga distancia mediante hormigoneras.
- d. Preservar el estado plástico del hormigón durante escenarios de emergencia que requieran una interrupción temporal del vertido, tales como mal funcionamiento de los equipos o retrasos en el suministro de hormigón.
- e. Funcionan ejerciendo influencia sobre el Aluminato Tricálcico, provocando un retraso en la reacción y generando un impacto superficial que disminuye las interacciones de atracción entre partículas.

Existe un método de impermeabilización que funciona rechazando el agua y sellando internamente las áreas vacías dentro del concreto, en lugar de disminuir la cantidad de agua presente. Sin embargo, su uso no es muy común debido a la falta de garantía sobre su capacidad para brindar verdadera impermeabilidad, y además disminuye la durabilidad.

Los ingredientes utilizados en esta categoría de productos incluyen jabones, estearato de butilo, determinados aceites minerales y emulsiones asfálticas.



De todos modos, es imperativo evaluar la efectividad del agente de curado siguiendo las pautas descritas en ACI 318. Esto implica obtener muestras de concreto cilíndricas y aplicarles el agente de curado de una manera consistente con cómo se aplicaría a las estructuras reales. Luego los especímenes deben dejarse en el sitio, expuestos a las mismas condiciones ambientales que las estructuras. Simultáneamente, un conjunto separado de cilindros de hormigón se somete al proceso de curado en un ambiente controlado dentro del laboratorio. Luego se examinan ambos juegos de cilindros después de un período de 28 días.

Un sistema de curado eficaz se define como aquel en el que la resistencia del material curado in situ es al menos el 85% de la resistencia del material curado en condiciones controladas. Sin embargo, el cumplimiento de este requisito es innecesario si la resistencia del material solidificado en el local supera la resistencia designada de 35 kg/cm².

Normalmente, se aplican en una proporción del 0,2% al 0,5% con respecto al peso del cemento.

2.2.4.6. Curadores químicos

Aunque no reaccionan químicamente con el cemento y, por lo tanto, no cumplen con los criterios convencionales para aditivos, estos compuestos se usan en la superficie del concreto vertido para evitar la pérdida de agua y preservar los niveles de humedad necesarios para el proceso de hidratación.

El proceso implica la creación de un escudo impenetrable sobre la superficie del hormigón para inhibir la pérdida de agua por evaporación. Debido



al importante uso de estos productos en nuestro medio y a la disponibilidad de excelentes versiones de fabricantes locales, hemos considerado necesario incluirlos en este capítulo para brindar conocimiento sobre sus cualidades.

Básicamente, los curanderos químicos se pueden clasificar en dos categorías distintas:

Las emulsiones de cera proporcionan una capa protectora sobre la superficie una vez que el disolvente a base de agua se evapora.

Suelen poseer una coloración blanca para desviar los rayos del sol y disminuir la intensidad del calor en las proximidades. Ocasionalmente, el pigmento puede exhibir un tono fluctuante para regular eficientemente el avance de la aplicación. Durante un período específico, el pigmento suele desaparecer.

Las soluciones de resinas sintéticas empapadas en disolventes volátiles proporcionan una capa protectora sobre el hormigón, como laca o pintura, que lo sella eficazmente.

A diferencia de casos anteriores, el disolvente muestra una mayor tasa de evaporación y la capa protectora sufre una mayor rigidez cuando se somete a temperaturas elevadas. La eficacia de la película depende del nivel de partículas sólidas presentes en la solución. Además, estos artículos pueden fabricarse con o sin pigmentos y, frecuentemente, pueden limpiarse con un cepillo de alambre o gasolina.

La aplicación de estos materiales mediante pulverizador, brocha o rodillo debe realizarse inmediatamente después de retirar la capa anterior. Además, el hormigón debe humedecerse para compensar las pérdidas de agua que puedan



haber ocurrido antes del proceso de curado. Cuando se aplica a superficies recién expuestas, debe aplicarse inmediatamente después de que el agua de la superficie se haya evaporado o esté a punto de evaporarse.

2.2.4.7. Aditivos incorporadores de aire

Cuando el agua se congela dentro del concreto, se expande y hace que el concreto se agriete. De manera similar, cuando el hielo se derrite, libera tensión que hace que el concreto se contraiga y se agriete. Si el hormigón no tiene la resistencia suficiente para soportar estas tensiones, se agrietará inmediatamente. De lo contrario, los ciclos repetidos de congelación y descongelación debilitarán gradualmente el material y provocarán que se agriete con el tiempo.

A finales de la década de 1940 se desarrollaron los aditivos inclusores de aire. Estos aditivos producen huecos adicionales en el concreto, que ayudan a controlar y reducir los efectos especificados. Existen dos categorías de aditivos inclusores de aire:

Líquido o en polvo soluble en agua.- Compuesto por sales derivadas de resinas de madera, detergentes sintéticos, sales lignosulfonadas, sales ácidas del petróleo, sales de materias proteicas, sales de ácidos grasos y resinosos, sales orgánicas de hidrocarburos sulfonados y otras sustancias similares. Algunas sustancias se denominan aniónicas porque generan iones cargados negativamente cuando reaccionan con el cemento. Estos iones se oponen entre sí, lo que lleva a la dispersión y separación entre partículas sólidas. Este proceso tiene un impacto lubricante significativo al reducir la fricción interna.



Estos incorporadores de aire son susceptibles a la compactación causada por la vibración, el mezclado excesivo y la reacción con el cemento específico utilizado. Por lo tanto, su uso debe controlarse y supervisarse cuidadosamente para garantizar los resultados deseados. De lo contrario, podemos acabar incorporando menos huecos de diferente calidad de los necesarios.

Una ventaja de estos incorporadores es que el aire introducido actúa como lubricante entre las partículas de cemento, mejorando la trabajabilidad de la mezcla. Sin embargo, también provocan una disminución de la resistencia del hormigón debido a los huecos adicionales en su estructura. El rango de dosificación típico de estos aditivos es entre 0,02% y 0,10% del peso del cemento. También introducen aire en la mezcla, normalmente entre un 3% y un 6%, según el producto y las condiciones específicas.

En partículas sólidas. - Algunos polímeros, ladrillos pulverizados, arcilla expandida, arcilla de pizarra, tierra de diatomeas y otros materiales inorgánicos que son insolubles y tienen una porosidad interna relativamente amplia son ejemplos de materiales que entran en esta categoría.

La porosidad de estos materiales suele ser del orden del treinta por ciento en volumen y se muelen hasta obtener tamaños extremadamente pequeños durante todo el proceso de fabricación.

Este conjunto particular de aditivos tiene la ventaja sobre los anteriores



de que son más estables que los anteriores, ya que no pueden alterarse mediante vibración o mezcla. Los primeros, por otro lado, han sido creados más por grandes corporaciones de todo el mundo, ya que es más difícil conseguirlos y utilizarlos desde el punto de vista logístico, de producción y de envío.

Los incorporadores de aire líquido se utilizan habitualmente en nuestro entorno, independientemente de si son importados o fabricados en el país con insumos importados. El campo aún está en sus inicios y existe la necesidad de desarrollar incorporadores de aire utilizando materiales adquiridos localmente y que se compren comúnmente. Esto permitirá que el uso de estos arrastradores sea más asequible, lo que permitirá utilizarlos con mayor frecuencia en regiones donde son requeridos debido a las condiciones climáticas.

2.2.5. Diseño de mezclas

Cemento, agua, agregados finos y gruesos y una mezcla de los tres son los componentes principales que componen el concreto, que es una sustancia heterogénea. Es posible que el hormigón incluya aire que se haya integrado expresamente en la mezcla mediante un aditivo. El hormigón también contiene una pequeña cantidad de aire atrapado.

De manera similar, se utilizan rutinariamente diferentes aditivos en la mezcla de concreto para una variedad de objetivos, que incluyen, entre otros, los siguientes: mejorar la trabajabilidad del concreto; disminuir la cantidad de agua que se requiere para la mezcla; mejorar la resistencia del hormigón; o modificando otras cualidades del hormigón.

Puzolanas, cenizas y escoria de alto horno finamente pulverizada son

algunos ejemplos de aditivos minerales que el contratista puede agregar a la mezcla de concreto. Como resultado de esta inclusión se puede reducir el calor de hidratación, aumentar la resistencia final o mejorar el comportamiento del hormigón frente al ataque de sulfatos o la reactividad de áridos alcalinos. Esta incorporación puede realizarse respondiendo a inquietudes económicas o con el fin de potenciar cualidades específicas del hormigón.

DEFINICIÓN

El diseño de la mezcla de hormigón implica seleccionar las proporciones adecuadas de materiales para crear una unidad cúbica. Este proceso tiene como objetivo elegir los ingredientes más adecuados y la combinación de ellos más rentable. El objetivo es producir un producto con el que sea fácil trabajar y que tenga la consistencia deseada antes de endurecerse. Una vez endurecido, el hormigón debe cumplir los requisitos especificados por el diseñador en los planos y especificaciones.

Durante el proceso de elección de las proporciones de la mezcla de concreto, el diseñador debe tener en cuenta que la composición del concreto está determinada por lo siguiente:

- a. El ingeniero estructural es responsable de determinar los atributos que debe poseer el concreto endurecido, y dichas propiedades son mencionadas en los diseños y/o requerimientos de obra.
- b. Las cualidades del hormigón en su etapa no endurecida, que a menudo las determina el ingeniero de construcción en función de la naturaleza y las condiciones del trabajo, así como de los



métodos que se utilizarán en el proceso de colocación del hormigón.

- c. El precio del hormigón por unidad cúbica es el tercer factor.

Una primera estimación de las proporciones de los ingredientes que componen la unidad cúbica de hormigón se puede obtener utilizando los criterios que nos han proporcionado. De acuerdo a los hallazgos alcanzados en mezclas realizadas en circunstancias de laboratorio y construcción, estas proporciones deben ser tratadas como valores de prueba, independientemente de la técnica que se haya utilizado para calcularlas. Estos valores deben estar sujetos a revisión y modificaciones dependiendo de los resultados observados.

ALCANCE

En estas sugerencias se incluyen una variedad de enfoques con el fin de elegir las proporciones de mezclas de concreto que tengan un peso normal y una resistencia a la compresión especificada a los 28 días que no sea superior a 350 kg/cm².

Hay algunas combinaciones concretas que necesitan consideraciones específicas para la selección de sus proporciones. Estas recomendaciones no toman en cuenta mezclas de concreto que tengan una resistencia a la compresión definida a 28 días mayor a la mencionada, mezclas de concreto que correspondan a concretos pesados o livianos, ni concretos ciclópeos. Asimismo, no se incluyen recomendaciones para condiciones de exposición especialmente severas, como la acción de ácidos o temperaturas extremadamente altas; asimismo, no se incluyen aquellos criterios que hacen referencia a condiciones



estéticas, como acabados superficiales especiales; Todos estos aspectos deben mencionarse en las especificaciones del proyecto cuando se discuten. En estas sugerencias, los criterios y procesos para determinar las proporciones de la unidad cúbica de concreto se basan en dos ideas: cada uno de estos principios se describe con más detalle a continuación.

- a. La protección de los intereses tanto de las personas que utilizan el trabajo como de la persona que lo posee es el objetivo principal de estas directrices.
- b. El concreto debe ser capaz de cumplir, tanto en estado fresco como endurecido, con las cualidades elegidas por el ingeniero estructural, así como con los criterios mínimos que se especifican en los planos y/o especificaciones de obra.

2.2.6. Concreto ligero

2.2.6.1. Importancia del concreto ligero

Como ocurre con el hormigón normal, el hormigón ligero es una sustancia artificial formada por partículas inorgánicas, mortero y agua.

Este material, a diferencia del hormigón convencional, es muy ligero y, en general, tiene una resistencia baja. A pesar de esto, se ha utilizado ampliamente en una variedad de estructuras, incluidas casas, apartamentos, escuelas, edificios de oficinas y otros edificios, donde no es necesario el hormigón de alta resistencia. Debido a las diversas ventajas que se pueden adquirir mediante el uso de sus aplicaciones, su uso se ha generalizado en el negocio de la construcción de un gran número de países.



Durante el período posterior a la Segunda Guerra Mundial, la industria de la construcción experimentó una rápida expansión, lo que requirió la expansión del campo de los materiales de construcción y el logro de la correspondiente mejora en la eficiencia del trabajo. Los materiales de desecho de procesos industriales, escorias de alto horno, cenizas volcánicas, minerales exfoliados, perlita, vermiculita, pómez y otros materiales que antes no se utilizaban como materiales de construcción adquirieron importancia como resultado de la creación del hormigón ligero. De manera similar, la automatización del sector de la construcción, que se basó en el uso de nuevos métodos, como la utilización de unidades constructivas construidas con hormigón liviano, más grandes y más controlables, resultó en un aumento significativo tanto de la productividad como de la productividad. y eficiencia.

Las principales ventajas que se derivan de las propiedades del hormigón ligero incluyen el alto poder aislante, térmico y acústico que posee, la facilidad de manipulación resultante de su reducido peso, la simplificación en la cimentación de estructuras cuya carga muerta total se reduce, y muchas otras ventajas. Además de estas y muchas otras ventajas, también es una ventaja significativa la consiguiente reducción del coste de las obras que son consecuencia directa de su aplicación.

Se han establecido numerosas investigaciones como consecuencia de su uso extensivo, lo que ha hecho factible utilizar concreto estructural liviano y pretensado en acción compuesta con concreto regular. Como resultado, el alcance de este material se ha ampliado como resultado de estas investigaciones.



Cabe mencionar que con el uso de concreto liviano se logró aumentar la altura de cuatro pisos de un edificio que ya estaba construido sin necesidad de modificar los cimientos. Esta es una demostración objetiva de la importancia del hormigón ligero. De manera similar, tras el colapso del puente de Tacoma en Estados Unidos, fue reemplazado por una nueva estructura que contaba con un mayor número de carriles de circulación. Esto se logró sin necesidad de reparar los pilares originales.

2.2.6.2. Desarrollo histórico

A pesar de que el hormigón ligero ha ganado popularidad últimamente, su uso se remonta a la antigüedad. Se cree que la construcción de la cúpula del panteón en Roma, que tuvo lugar en el año 200 d.C., se llevó a cabo con el uso de agregados de Pomez por parte de los romanos.

Cuando se desarrolló por primera vez el hormigón ligero, los únicos materiales que se podían utilizar eran piedras volcánicas porosas unidas con piedra caliza. El posterior desarrollo de técnicas que podían producir materiales porosos mediante la incorporación de aire o agentes espumantes se produjo simultáneamente con el comienzo de la creación de agregados artificiales agrandados. Hoy en día, las cenizas y otras formas de desechos industriales procesados se utilizan a menudo en la industria de la construcción, particularmente como agregados para concreto liviano.

Con la producción de hormigón celular o hormigón celular mediante métodos químicos, alrededor del año 1900 comenzaron las investigaciones en el ámbito del hormigón ligero. Sin embargo, la inmensa mayoría de los primeros resultados fueron desfavorables. Erikson pudo obtener un hormigón celular



compuesto de sílice y cal en el año 1924. Este hormigón, cuando se combinó con arcillas bituminosas, dio como resultado la creación de un hormigón ligero al que se hizo referencia como Ytong. En el año 1934, el gobierno suizo concedió una patente para el hormigón Siporex, que fue fabricado por Eklund utilizando un método de producción de curado con vapor. Fue en 1938 cuando Kudriashoff desarrolló las tecnologías que llevaron al uso de hormigón celular ligero en forma de unidades reforzadas en la Unión Soviética. En el año 1907, la escoria de los altos hornos se utilizó en Hungría como base para la construcción de construcciones ligeras. Se desarrollaron procesos para la fabricación de hormigón ligero celular, celular o a base de áridos expandidos o procesados en Alemania, Dinamarca, Gran Bretaña, Estados Unidos de América y Rusia entre los años 1910 y 1940. Estos procesos dieron como resultado el desarrollo de una variedad de tipos de concreto liviano que se consideraron ventajosos.

Tras el final de la Segunda Guerra Mundial, las múltiples aplicaciones de estos materiales experimentaron un desarrollo significativo, hasta llegar al punto en que incluso se utilizaron en la construcción de barcos. En lo que respecta al crecimiento de minerales como la perlita y la vermiculita, que una vez procesados se utilizan como áridos ligeros, los procesos industriales han adquirido recientemente una gran importancia. De manera similar, se han desarrollado procedimientos para el uso de cenizas residuales de calderas en la creación de áridos ligeros.

Fue necesario perfeccionar y desarrollar aún más la tecnología para la producción de estos hormigones porque aumentó el uso de hormigón ligero en



la construcción. Como resultado, fue necesario perfeccionar y desarrollar aún más la tecnología para la producción de estos hormigones. Hoy en día se pueden conseguir hormigones de baja densidad y alta resistencia, como los elaborados a partir de arcillas expandidas y pizarras, que son capaces de desarrollar resistencias que oscilan entre 280 y 500 kg/cm² y con pesos unitarios del orden de 1400 y 2000 kg/m³.

2.2.6.3. Clasificación de los concretos ligeros

En función de sus características excepcionales, los escalones volumétricos de los materiales que lo componen o las tecnologías empleadas en su construcción, el hormigón ligero suele clasificarse en diversas categorías.

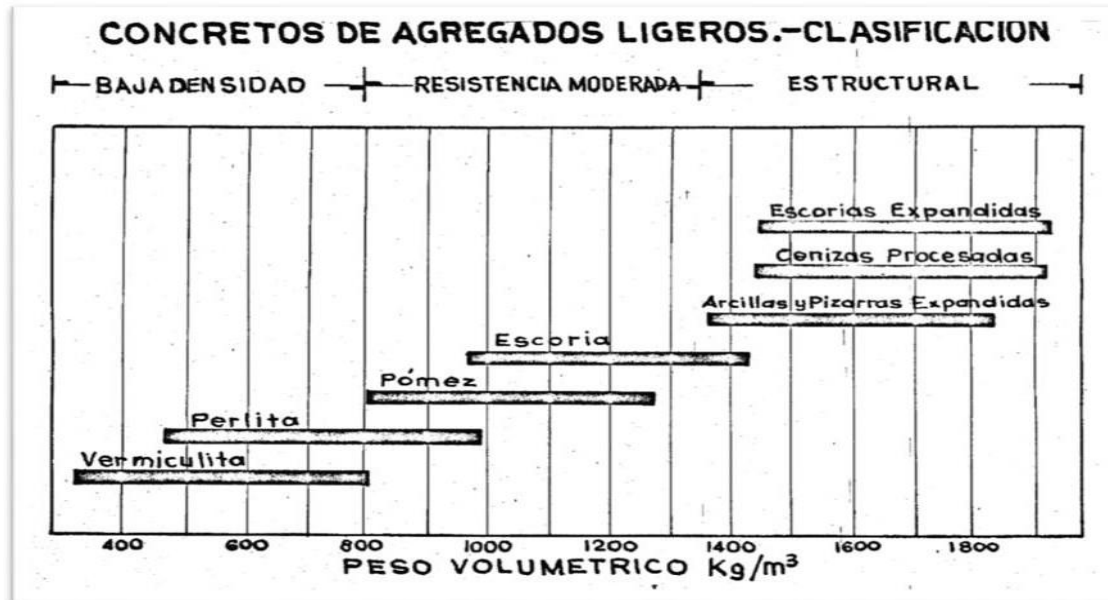
Se pueden identificar las siguientes clases en función de las características y pesos volumétricos de los materiales, que son indicativos de la importancia que algunas naciones otorgan al aislamiento térmico:

1. Hormigones de resistencia reducida pero ligeros y con excelentes propiedades de aislamiento térmico: oscila entre 280 y 800 kg/m³
2. Hormigón de peso ligero, resistencia media y adecuadas características de aislamiento térmico: de 800 a 1400 kg/m³
3. Hormigón ligero y con resiliencia estructural, pero con propiedades de aislamiento térmico limitadas: entre 1.400 y 2.100 kg/m³.

De acuerdo con esta categorización, el gráfico que sigue ilustra las múltiples aplicaciones del hormigón, las cuales están determinadas por su nivel de resistencia y peso volumétrico, así como por los diversos áridos que se utilizan en su elaboración.

Figura 2

Clasificación de Agregados Ligeros



Nota: Universidad de Sonora – México.

El hormigón ligero se puede dividir en las siguientes categorías, según los materiales con los que está construido y los procesos de producción que emplea:

1. Hormigones que no incluyen finos y son livianos porque se suprime el agregado fino, lo que resulta en la formación de grandes espacios entre las partículas de concreto que se componen de agregado grueso.
2. Hormigones aireados, espumosos o gaseosos son otros nombres para los hormigones celulares. Estos hormigones se generan cuando se forman partículas gaseosas en el interior de la masa fluida de una lechada o mortero.
3. Hormigón elaborado con partículas livianas, que pueden producirse mediante el uso de áridos naturales o manufacturados con un peso particular muy bajo 2.

Figura 3

Tipos de Concretos Ligeros

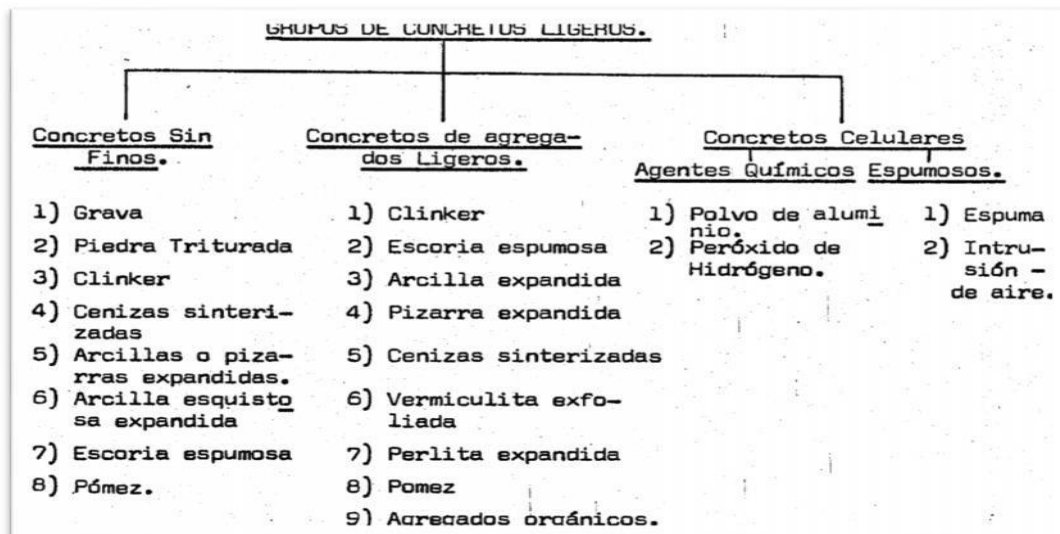


Nota: Universidad de Sonora – México

En la siguiente tabla, que se basa en esta clasificación más reciente, se puede encontrar una representación gráfica de las muchas formas de concreto liviano que se utilizan:

Figura 4

Grupos de Concretos Ligeros



Nota: Universidad de Sonora – México

En realidad, para su construcción se utilizan los mismos áridos, con la excepción de que, para obtener aún más ligereza, se excluye el árido fino. Esto es algo que muchos escritores consideran que es así. Los hormigones que no incluyen finos se consideran hormigones de árido ligero.

2.2.6.4. Propiedades física y mecánicas de los concretos ligeros

1. GENERALIDADES

Para evaluar los beneficios del hormigón ligero desde un punto de vista técnico y económico, es esencial analizar exhaustivamente sus atributos físicos y mecánicos y hacer comparaciones relevantes con las características correspondientes del hormigón normal.

Normalmente, la prueba de estas cualidades implica el uso de los mismos procedimientos convencionales que los utilizados en el hormigón ordinario. Sin embargo, es crucial resaltar que para obtener resultados precisos, se recomienda considerar factores como las pruebas, la influencia de la forma y el tamaño de la muestra, la orientación de la fundición y compactación del material y el impacto del contenido de humedad.¹⁴

- a. El impacto del contenido de humedad en las características del hormigón ligero.

La prueba de resistencia del hormigón es similar a la técnica utilizada para el hormigón normal. La resistencia del hormigón celular no está influenciada por la forma de la muestra, según algunos expertos. Por lo tanto, se pueden utilizar muestras tanto cúbicas como cilíndricas. Sin embargo, el comportamiento del



molde está influenciado por su tamaño, ya que la resistencia disminuye a medida que aumenta el tamaño del molde. En el hormigón de áridos ligeros, la resistencia está directamente correlacionada con las dimensiones de los moldes. Tanto los hormigones de agregados aireados como los de agregados livianos exhiben aproximadamente un 20% más de resistencia en una prueba rápida (3 minutos) en comparación con una prueba pausada.

- b.** Influencia de la dirección de colocación y colado sobre las características del hormigón ligero.

El peso volumétrico y la resistencia del hormigón celular varían según el lugar específico desde donde se obtiene la muestra para el análisis. En capas más altas, la resistencia cae drásticamente, lo que aumenta la porosidad del material y, posteriormente, reduce su peso volumétrico. El comportamiento del material varía dependiendo de si la carga se aplica paralela o perpendicular a su orientación. Cuando se somete a una carga perpendicular, la pieza fundida presenta resistencias hasta un 20% mayores.

- c.** El impacto del contenido de humedad en las características del hormigón ligero.

El contenido de humedad tiene una fuerte correlación con el peso volumétrico, la resistencia y las propiedades térmicas del hormigón ligero. El contenido de humedad del hormigón varía



según su estructura y porosidad. En hormigones celulares, tiene un efecto mayor en comparación con los hormigones de áridos ligeros. Las investigaciones al respecto indican que la resistencia del hormigón ligero empapado es sólo el 80% de la del hormigón ligero seco. Por el contrario, la conductividad térmica del hormigón aumenta a medida que aumenta la cantidad de agua que contiene.

2. PESO VOLUMETRICO DE LOS CONCRETOSLIGEROS

El peso volumétrico del hormigón ligero está determinado por factores como la densidad, porosidad, gravedad específica y distribución granulométrica de los áridos y materiales cementantes utilizados en su producción, así como por las proporciones de la mezcla. La determinación podrá realizarse en probetas saturadas, secas o con cierto contenido de humedad, según el caso concreto. El método utilizado para su determinación es similar al utilizado para el hormigón normal.

La porosidad es un elemento determinante que especifica las propiedades térmicas, la capacidad de absorción y el contenido de humedad en el hormigón ligero. Los hormigones que tienen porosidades pequeñas son más deseables porque proporcionan mayor resistencia y aislamiento térmico. Sin embargo, esta particular porosidad conduce a una elevación de la absorción de humedad, lo que resulta en una reducción de la resistencia y de la capacidad aislante. El cálculo del factor de porosidad es el siguiente:

Formula 2: Porcentaje de Porosidad

$$P = \left(\frac{\gamma_v}{\gamma_e} \right) \bar{\gamma} - 1 \quad * 100$$

$$= 1 - \quad * 100$$

P = Porcentaje de Porosidad
T = Compacidad

γ_v = Peso volumétrico en kg/m³

γ_e = Peso específico en kg/m³

El peso volumétrico del hormigón ligero es muy variado debido a factores como el tipo de hormigón, los áridos utilizados, los procedimientos de producción utilizados y la colocación del hormigón. El rango de variación se puede especificar entre 400 y 1900 kg/m³, como se ve en la siguiente tabla:

3. RESISTENCIA A LA COMPRESION

Para determinar la resistencia a la compresión del hormigón ligero, es esencial examinar un tipo particular de hormigón, ya que puede diferir significativamente entre las diferentes clases. La resistencia dentro de un determinado tipo de concreto liviano puede variar según factores como la relación agua-cemento, el peso volumétrico, el contenido de humedad y el método de fabricación, y el sistema de curado juega un papel importante. Con el hormigón normal, la relación agua-cemento se utiliza para medir su resistencia. Sin embargo, con hormigones livianos, esta relación no es un indicador confiable debido a los desafíos para medir con precisión el contenido de agua causado por la porosidad de las partículas. La resistencia del material está determinada por la cantidad de cemento presente, que se mide en función de un determinado valor de asentamiento.

Si bien existe una variabilidad significativa en la resistencia de varios tipos



de concreto liviano, es útil construir un marco para comprender el rango de variación dentro de cada categoría y cómo se relaciona con sus pesos volumétricos individuales.

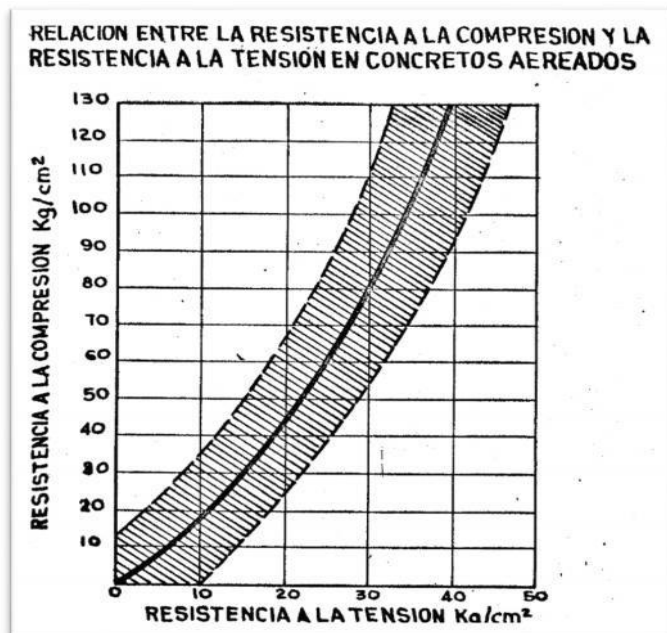
Es evidente que los hormigones ligeros de mayor resistencia son aquellos producidos con áridos ligeros. La resistencia creada variará según el tipo de áridos utilizados. En términos de resistencia, las arcillas expandibles y las pizarras suelen ser los materiales más adecuados. Este agregado en particular se utiliza principalmente para fabricar concreto estructural liviano que previamente ha sido reforzado o pretensado.

4. RESISTENCIA A LA TENSIÓN

La resistencia a la tracción de los hormigones con áridos ligeros está determinada por la morfología de sus partículas constituyentes. La adherencia entre las partículas y el mortero se mejora cuando existe una buena distribución de sus áridos. Debido a este factor, el hormigón que carece de partículas tiene una resistencia a la tracción reducida. La fórmula empírica de Graf establece una correlación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción tanto en hormigón de áridos ligeros como en hormigón celular o aireado. Si bien los experimentos realizados por otros investigadores pueden variar algo de los realizados por Graf, todos exhiben un patrón consistente y pueden representarse visualmente como se muestra en la ecuación anterior.

Figura 5

Relación Entre La Resistencia A La Compresión Y La Resistencia A La Compresión De Concretos Aereados



Nota: Universidad de Sonora – México.

Normalmente, la medición de la resistencia a la tracción se realiza mediante el ensayo brasileño, con buenos resultados. Esta prueba permite determinar la resistencia a la tracción de forma indirecta sometiendo los cilindros a cargas aplicadas diametralmente. La frase en cuestión sigue un patrón similar:

Formula 4: Esfuerzo Uniforme de Tensión

$$f'_s = \frac{P}{\pi D}$$

Donde

f'_s es el esfuerzo uniforme de tensión,



La variable P representa la cantidad de carga aplicada, mientras que D y L son los diámetros y la longitud del cilindro, respectivamente. Los hallazgos producidos a partir de esta prueba dependen de los parámetros de la prueba, incluido el tamaño del cilindro, el rango de carga, etc.

Aunque los resultados obtenidos mediante el método anterior pueden no ser una representación precisa de la tensión de tracción debido a las condiciones de elasticidad, pueden considerarse una estimación confiable.

5. CORTANTE (TENSION DIAGONAL)

Debido a que los hormigones de agregados livianos son las alternativas más adecuadas para su uso en aplicaciones estructurales, la mayoría de las investigaciones que se han realizado sobre tensión diagonal se han centrado en este tipo particular de concreto.

En cargas operativas típicas, el esfuerzo cortante es esencialmente del mismo orden que el del hormigón convencional; sin embargo, la resistencia última oscila entre el 65 y el 100 por ciento de la que corresponde al hormigón ordinario. La tensión de tracción obtenida mediante la prueba brasileña se utiliza para determinar la resistencia a la tracción diagonal del material, en lugar de la resistencia a la compresión del material. Cuando se utilizan arenas naturales finas, la resistencia a la tracción del material aumenta, lo que a su vez provoca que aumente la tensión diagonal.

6. CONTENIDO AGUA - CEMENTO

El hormigón ligero no define correctamente un atributo mecánico o físico ya que el contenido de agua-cemento necesario para un determinado



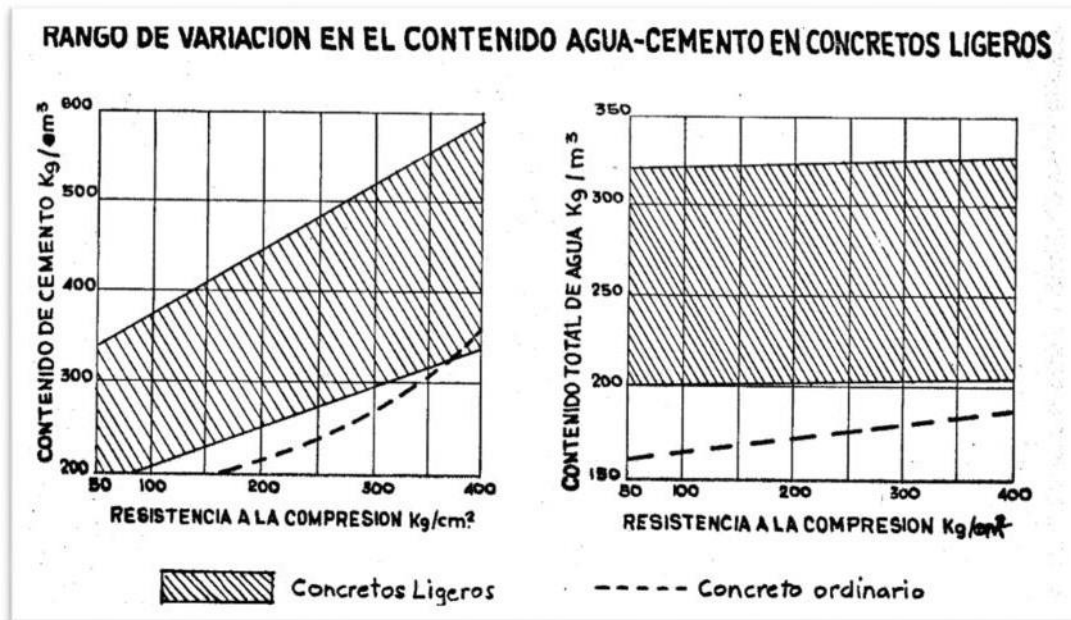
asentamiento no es una medida correcta. Es importante señalar que estos parámetros tienen un impacto significativo en la resistencia, el flujo plástico y la contracción de estos hormigones.

Especialmente en situaciones donde las resistencias esperadas son del orden de 300 kg/cm², la cantidad de cemento necesaria es la misma en el hormigón ligero que en el hormigón ordinario; de manera similar, la sustitución del agregado fino y liviano por arena reduce la cantidad de cemento requerida para una resistencia específica. En algunos casos, los hormigones ligeros requieren aproximadamente un sesenta por ciento más de cemento que los hormigones ordinarios para desarrollar una resistencia determinada. El contenido total de agua del concreto liviano, que incluye tanto el agua utilizada para la absorción como el agua utilizada para el mezclado, es mayor cuando el agregado fino se sustituye por arena; sin embargo, el contenido de agua es siempre superior al necesario para el hormigón estándar.

La información que se presentó en el párrafo anterior se muestra de forma gráfica en las siguientes figuras.

Figura 6

Rango de Variación En El Contenido Agua-Cemento en Concretos Ligeros



Nota: Universidad de Sonora – México

7. MODULO DE ELASTICIDAD

Existe una diferencia significativa entre los valores que se reportan para el módulo de elasticidad en el concreto liviano y los que corresponden al concreto regular cuando la resistencia se mantiene constante.

Por tanto, la regla de Hooke no se aplica a la deformación que se produce en estos materiales como consecuencia de la compresión o la tensión. Esto se debe a que, en la mayoría de los casos, la deformación que se produce se caracteriza por un aumento mayor que las tensiones que la provocan. Por este motivo, el módulo de elasticidad del hormigón ligero no es constante, sino que varía en función de las tensiones que se tengan en cuenta.

Esto significa que el módulo elástico inicial es tangente a la curva tensión-



deformación en el punto en que comienza el experimento. Para realizar la determinación se utilizó un prisma de 15 por 15 por 70 centímetros. Por debajo del punto de cansancio, hasta el límite de elasticidad y más allá de ese punto.

La aplicabilidad de estas frases es bastante restringida. No es posible utilizar la fórmula de Schaffler para hormigones con pesos volumétricos inferiores a 600 kg/m³ o superiores a 1100 kg/m³. El resto de fórmulas son aplicables a hormigones que tengan pesos volumétricos inferiores a 1000 kg/m³ o resistencias inferiores a 65 kg/m².

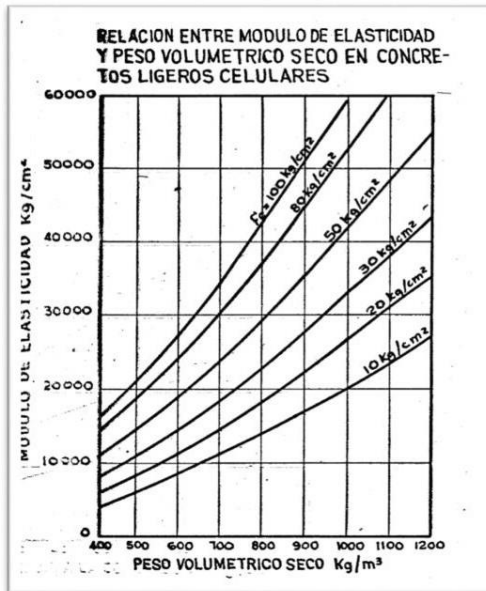
En el caso de los hormigones celulares, las correlaciones entre el módulo de elasticidad, los pesos volumétricos secos y las resistencias a la compresión a menudo no se proporcionan en forma de ecuaciones algebraicas sino en forma de curvas, como las que se muestran en la página.

Esto se debe a que el módulo de elasticidad del hormigón con agregados livianos es más difícil de cuantificar debido al gran rango de variación que existe. Esto se debe a que el módulo de elasticidad depende del tipo de agregado que se utilice, así como de su peso volumétrico y resistencia. Dicho esto, podemos expresarlo visualmente mostrando en la región que se cruza el rango de variación que exhibe.

Debido a que las deformaciones que se originan al doblar componentes tienen un impacto indeseable en el comportamiento general de la estructura, es particularmente vital tener conocimiento del módulo de elasticidad cuando se trata de hormigones estructurales livianos.

Figura 7

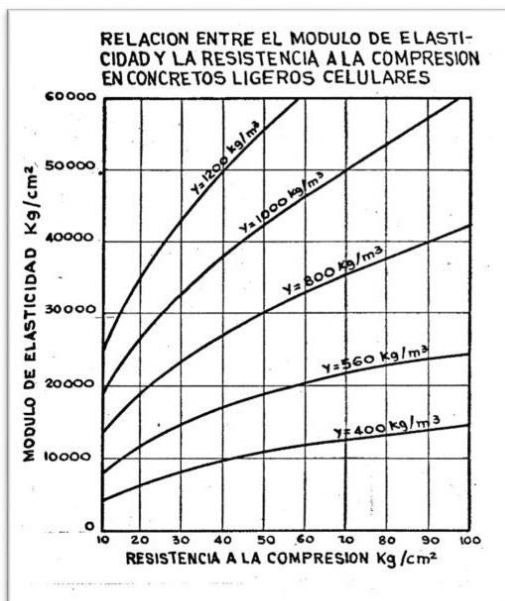
Relación Entre Módulo De Elasticidad Y Peso Volumétrico Seco En Concretos Ligeros Celulares



Nota: Universidad de Sonora – México.

Figura 8

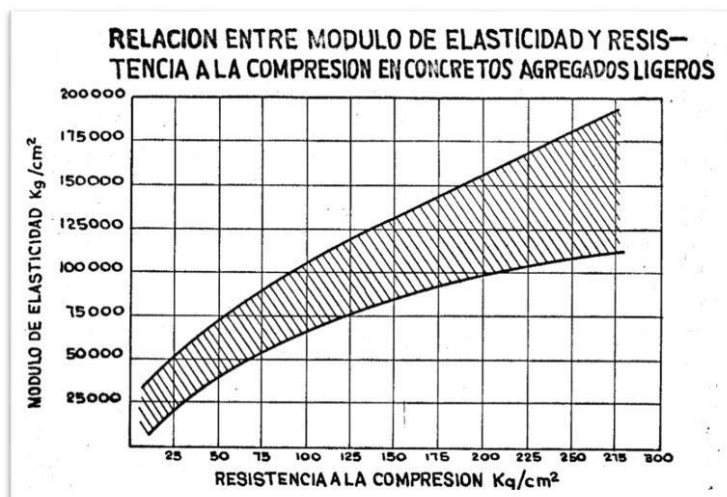
Relación Entre El Módulo De Elasticidad Y La Resistencia A La Compresión En Concretos Ligeros Celulares



Nota: Universidad de Sonora – México

Figura 9

Relación Entre Modulo De Elasticidad Y Resistencia A La Compresión En Concretos Con Agregados Ligeros



Nota: Universidad de Sonora – México.

En el caso del hormigón pretensado ligero, las deformaciones sólo alcanzan valores un veinte por ciento superiores a los del hormigón convencional. Este es el caso incluso cuando el módulo de elasticidad es de alrededor del cincuenta por ciento o dos tercios de lo que es para el hormigón normal.

Algunas de las pruebas que se realizaron para concreto liviano en relación con el módulo de elasticidad incluyeron mediciones de tensión-deformación en la dirección perpendicular a la dirección en la que se aplicó la carga. Los resultados de estas pruebas indicaron que el coeficiente de veneno para estos concretos es del mismo orden que para los concretos ordinarios, con variaciones que van desde 0,17 a 0,23, dependiendo del concreto particular que se utilizó.

8. CONTRACCIÓN Y FLUJO PLÁSTICO

Cuando hablamos de contracción y flujo plástico, nos referimos a cambios



específicos que ocurren en las dimensiones de un cuerpo sólido, así como a los procesos que provocaron esos cambios. La contracción en el hormigón se refiere a la pérdida de volumen que se produce durante el proceso de secado; más específicamente, es la reducción de volumen que se produce como resultado de la eliminación de agua. Por otro lado, el flujo plástico en el hormigón se refiere a un cambio que se produce con el tiempo en la formación de la unidad y que se produce bajo tensión provocada por una fuerza constante que normalmente proviene del exterior. Esta deformación se produce incluso cuando no hay fluctuaciones en la cantidad de humedad presente. Como resultado, el flujo plástico puede verse como una contracción o una expansión provocada por tensiones de compresión o tensión, respectivamente.

En general, la resistencia, contracción y fluidez plástica del hormigón con áridos ligeros serán mayores que los del hormigón estándar. Los impactos del flujo plástico se reducen considerablemente para cualquier tipo de agregado cuando las resistencias a la compresión son altas. En ciertos casos, los efectos del flujo plástico son equivalentes o menores que los de los hormigones convencionales. En el caso de las resistencias, el flujo plástico tiene tendencia a aumentar significativamente dependiendo del árido que se utilice.

En general, la contracción por secado de áridos de cualquier tipo se puede reducir reduciendo parcial o totalmente la cantidad de partículas sustituyéndolas por arena. A diferencia de otras variedades de hormigón ligero, la contracción del hormigón que no incluye finos es muy baja. De hecho, es incluso menor que la contracción correspondiente al hormigón normal fabricado con los mismos ingredientes.



Además, la contracción se puede reducir empleando curado con vapor, que puede reducir la contracción entre un 10 y un 40 por ciento en comparación con los valores producidos por el curado convencional.

9. DURABILIDAD

Además, la contracción se puede reducir empleando curado con vapor, que puede reducir la contracción entre un 10 y un 40 por ciento en comparación con los valores producidos por el curado convencional.

Cuando se trata de materiales de construcción, la durabilidad puede describirse como la resistencia de estos agentes químicos potencialmente peligrosos a tensiones secundarias provocadas por la congelación, la contracción o la temperatura, así como a impactos mecánicos abrasivos. En realidad, es una medida de resistencia al interperismo.

En los casos que se correlacionan con agresiones químicas, particularmente aquellas que provienen de agua sulfatada, aire contaminado o reactivos químicos, el concreto liviano no presenta ninguna resistencia excepcional a estos agentes. De hecho, ha demostrado ser incluso menos resistente que el hormigón normal.

Por otro lado, los hormigones ligeros tienen ventajas sobre los convencionales en términos de su resiliencia al congelamiento y su resistencia al desconchado inducido por cualquier forma de solución salina.

Debido a que el aire que se incluye dentro del concreto aireado ofrece un alto grado de resiliencia en ambas áreas, se sugiere usar esta forma de concreto



liviano en situaciones donde el material estará sujeto a temperaturas bajo cero y acción salina.

En el hormigón ligero, las fisuras se suelen producir como consecuencia de la retracción provocada por el secado, siempre que no se adopten las medidas de seguridad adecuadas. Cuando se trata de los efectos abrasivos mecánicos, la densidad del hormigón juega un papel importante a la hora de determinar qué tan evidentes son. En general, los hormigones muy ligeros son flexibles y pueden dañarse fácilmente, mientras que los hormigones de gran peso volumétrico tienen una resistencia comparable a la de los hormigones típicos. Por este motivo, el contenido de cemento y agua del hormigón ligero son parámetros que tienen un impacto considerable en la longevidad del material.

10. ABSORCIÓN DE AGUA Y POROSIDAD

Según el punto anterior, la porosidad de un material se puede determinar calculando su peso volumétrico. Como se dijo anteriormente, la mayoría de los hormigones ligeros tienen una porosidad relativamente grande y, como resultado, tienen una mayor capacidad de absorción que los hormigones densos. Sin embargo, esto puede tener repercusiones importantes debido al hecho de que a menudo quedan cubiertos por una cubierta adicional cuando están expuestos a los elementos. La relación entre la absorción de agua del hormigón ligero y su durabilidad ha sido definida de forma imprecisa en varios estudios. Esto se debe al hecho de que algunos concretos regulares, que tienen elementos de durabilidad comparables a los del concreto liviano, tienen una absorción diferente.

Existen distintos grados de absorción que se pueden notar dentro de las



distintas variedades de concreto liviano. Los hormigones con áridos aireados tienen una capacidad de absorción mucho mejor que los hormigones con áridos ligeros. Cuando se trata de utilizar hormigón como aislante, esto es algo que hay que tener en cuenta, ya que una absorción significativa de agua puede tener un impacto negativo en el aislamiento. En algunas circunstancias ha sido necesario tratar áridos ligeros para impermeabilizarlos. Esto hace que sea importante impermeabilizarlos para minimizar la cantidad de agua que absorben y mantener intactas sus propiedades aislantes. Por otra parte, el uso de hormigón ligero como aislante resulta antieconómico en la mayoría de las situaciones gracias a estos enfoques.

11. PROPIEDADES ACÚSTICAS

El aislamiento contra las ondas acústicas limita la cantidad de sonido que viaja a través de un cuerpo. Cuando se trata de este atributo, la densidad del material es el aspecto más importante a considerar. Visto desde esta perspectiva, el hormigón ligero no posee fuertes cualidades acústicas, principalmente debido a la porosidad del material. Para obtener un aislamiento acústico eficaz, sin embargo, es posible dotar a las piezas de hormigón ligero de un revestimiento de pasta de cemento o colocar, en lugar de una capa o pieza de hormigón ligero, dos capas o piezas de hormigón ligero cuando el entorno así lo requiera.

Por otro lado, la absorción del sonido, que es una característica que disminuye el sonido cuando es reflejado por una superficie, es una cualidad que contiene el hormigón liviano (si la posee adecuadamente), y esta propiedad se amplifica cuando la superficie de la El hormigón no ha sido recubierto con pasta.



Es por esta razón que es esencial tener una comprensión clara de lo que se busca principalmente dentro de la estructura particular que se está discutiendo. Si es necesario el aislamiento exterior, se recomienda aplicar una capa adicional de hormigón. Por otro lado, si se requiere aislamiento interior, este revestimiento puede resultar inconveniente.

12. AISLAMIENTO TÉRMICO

Entre las características fundamentales del hormigón ligero se encuentra esta propiedad. Debido a que el aislamiento térmico es aproximadamente proporcional al peso volumétrico del material, los hormigones ligeros, que tienen pesos volumétricos bajos, pueden alcanzar un nivel razonable de esta característica.

La siguiente es una lista de los índices que se utilizan en los procesos de medición de las características térmicas de un material:

Conductividad térmica K.- Se refiere a la cantidad de calor que se transfiere a través de una superficie de un material que es unitaria y homogénea, tiene un espesor unitario y tiene un diferencial de temperatura igualmente unitario entre ambos lados de la superficie. Este coeficiente se ha expresado tradicionalmente en unidades inglesas, a saber, Btu, pie², pulgada² y grados Fahrenheit. Ésta ha sido la práctica convencional. Por lo tanto, el valor de este coeficiente depende del peso volumétrico del hormigón, la porosidad del hormigón, los coeficientes de conductividad de los componentes del hormigón y la cantidad de humedad presente en el hormigón. El coeficiente de conductividad térmica del hormigón disminuye proporcionalmente cuanto más fina es la porosidad del hormigón. El coeficiente de conductividad térmica del hormigón



con áridos ligeros oscila entre 0,35 y 0,75 kilocalorías por hora por cm cuadrado. En el hormigón típico, estos valores se sitúan en el rango de 1,4 a 1,5. Debido a que la conductividad térmica del agua que llena los huecos en el concreto es 25 veces mayor que la conductividad térmica del aire que se desplaza, el valor de K se ve significativamente impactado por la cantidad de humedad presente en el material. Varios académicos han sugerido que la conexión entre la conductividad térmica y la humedad es lineal.

Es posible determinar la conductividad térmica utilizando la ecuación que se muestra a continuación:

Formula 6: Coeficiente De Conductividad Térmica

$$K = \frac{Q}{A(\bar{T}_1 - t_2)}$$

Q = Cantidad de calor transmitido por unidad de tiempo Kcal

L = Espesor del espécimen en m.

A = Superficie considerada en la prueba en m².

T1-t2 = Diferencia de temperatura entre ambas caras de la superficie °C.

K = Coeficiente de conductividad térmica en Kcal/h-m-°c.

La siguiente es una lista de varios valores "K" que se pueden encontrar



para varios tipos de concreto que se fabrican:

Transmisibilidad Térmica U.- Debido al hecho de que la transmitividad térmica U La cantidad de calor que se conduce a través de una unidad de superficie de una pared o techo en el transcurso de una hora cuando la temperatura ambiente entre los lados opuestos de la superficie es un grado diferente se conoce como conductividad térmica. Además, es una práctica común calcular este coeficiente utilizando unidades inglesas, teniendo en cuenta pies² y grados Fahrenheit. A diferencia del valor del coeficiente de conductividad K, que está asociado a un solo material, el valor del coeficiente de transmisibilidad U está asociado a un sistema de pared compuesto, que a menudo está compuesto por componentes de varios materiales. En pocas palabras, su valor se determina teniendo en cuenta los valores específicos que corresponden a cada uno de los materiales constructivos que componen el muro.

Los siguientes son algunos ejemplos de coeficientes de transmisibilidad para varios sistemas de paredes:

La pérdida de calor a través de las paredes puede reducirse entre un cuarenta y un cincuenta por ciento cuando se utiliza hormigón ligero con un peso volumétrico inferior a mil seiscientos kilogramos por metro cúbico.

Adicionalmente, se presentan a continuación algunos otros aspectos que están asociados a las características térmicas del hormigón ligero y que es necesario definir:

En el campo de la conductividad térmica, la resistividad es el recíproco



del coeficiente de conductividad térmica.

En el contexto de los materiales, la resistencia térmica se refiere a la resistencia que presenta un material simple o compuesto al flujo de calor a través de él, independientemente del espesor del material.

El recíproco de la resistencia térmica está en el concepto de conductancia. La temperatura superficial del material es un factor que se toma en consideración en los cálculos que se utilizan para determinar la conductividad térmica K y los componentes que se comentaron anteriormente. Por otro lado, debido a que esta información es particularmente difícil de obtener, lo habitual es sustituirla por la temperatura del aire en ambos lados de la superficie del material que se está investigando, realizando algunos pequeños ajustes en el valor. que se adquiere teniendo en cuenta la resistencia superficial del material en cuestión.

La resistencia superficial del material se describe en los mismos términos que la resistencia térmica del material y depende de la posición y orientación del lugar donde se realizan los cálculos.

2.3. Protección contra el fuego

Debido a que los concretos livianos son materiales no combustibles, es entre un veinte y un cincuenta por ciento mejor que el concreto normal. Esto se debe al hecho de que los hormigones ligeros tienen una barrera más fuerte a la transferencia de calor que el hormigón normal.

En miembros reforzados, esta característica está determinada por el recubrimiento que se aplica al acero que se utiliza para el refuerzo. Es posible que esta cobertura sea menor en concreto liviano en comparación con el



concreto estándar. Por otro lado, se ha observado que el material mantiene alrededor del 85 por ciento de su resistencia inicial cuando se expone a altas temperaturas. Esto contrasta con el hormigón normal, cuya resistencia se reduce en un 50% cuando se trata a altas temperaturas."14"

2.4. Marco conceptual

ADITIVO: Los aditivos son sustancias que influyen y mejoran las propiedades de las mezclas de hormigón. Durante el proceso de mezclado, estos componentes solubles en agua se aportan a la mezcla.

AGREGADOS: Consisten en piedra triturada, grava natural y arena, todas las cuales se utilizan en la elaboración de morteros y hormigones.

CANTO RODADO: El fragmento de roca en cuestión es una porción suelta y vulnerable a ser arrastrada por mecanismos naturales como corrientes de agua, deslizamientos de tierra y otros fenómenos similares. A menudo se hacen yesos con él para poder utilizarlo en la construcción. Para apilar materiales, sus bordes planos son muy útiles y el hecho de que se adhieran al hormigón o cemento es otra razón por la que resultan muy útiles.

CEMENTO: Los materiales que sean una mezcla de calcáreos y arcillosos constituyen 1.3.4.

CEMENTO HIDRÁULICO: El cemento que es capaz de fraguar y volverse más rígido cuando sus constituyentes reaccionan con el agua se denomina 1.3.5.



CONCRETO: Piedras, cemento y arena se mezclan en forma 1.3.6.

La densidad oscila entre 2200 y 2400 K/m³.

CONCRETO ALIGERADO Se utiliza en situaciones donde es necesario el aislamiento térmico y acústico, así como en situaciones donde se reduce el peso en los edificios y las tensiones en los cimientos.

CONO DE ABRAMS: Indicador del importe de la liquidación producida 1.3.8.

CURADO: Para evitar que se produzcan grietas por contracción como resultado de la pérdida de humedad y cambios en la relación agua-cemento de la mezcla, lo que afecta directamente su resistencia, el objetivo principal del curado es evitar que el agua se evapore de la mezcla. Durante los primeros siete días después de verter el concreto, se recomienda humedecerlo para obtener los mejores resultados posibles.

El término "curado" se refiere al proceso de asegurar que el concreto se mantenga a una temperatura y contenido de humedad adecuados a una edad temprana. Esto permite que el hormigón adquiera las características que estaban destinadas a la combinación. Una vez endurecido el hormigón, abarca todos los procesos que potencian el proceso de hidratación. Un curado exitoso da como resultado un concreto más impermeable y más resistente.

DISEÑO DE MEZCLA: El proceso mediante el cual se planifica el diseño de una combinación particular para un nivel específico de resistencia.



DOSIFICACIÓN: Los componentes de una mezcla de hormigón o mortero se miden en peso o volumen y luego se añaden a la mezcladora.

EXUDACIÓN: Liberación de agua de la mezcla por exudación. En ocasiones, el agua asciende a la cima y socava la losa o se filtra a través de las estructuras, provocando que algo de cemento se arrastre.

FRAGUADO: Asegurar un refuerzo uniforme del hormigón.

GRANULOMETRÍA: La cantidad y tamaño de los agregados son factores importantes que influyen en la dosis, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción del concreto.

GRAVA: En los campos de la geología y la construcción, el término "tamaño granular" se utiliza para referirse a rocas que tienen un tamaño específico.

PIEDRA PÓMEZ: Se trata de una especie de roca ígnea volcánica que tiene una textura vítrea. Tiene baja densidad, lo que hace que flote en el agua, y es muy poroso. A menudo aparece de color blanco o gris.

RESISTENCIA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN: La resistencia a la compresión se refiere a la resistencia más alta registrada de una muestra de concreto o mortero cuando se somete a una fuerza vertical. La unidad de medida que se utiliza frecuentemente es el kilogramo por centímetro cuadrado (Kg/cm²), y a una edad determinada de 28 días, se denota con el símbolo f'c.

RELACIÓN AGUA /CEMENTO La relación agua/cemento, abreviada como a/c, es la relación que se utiliza para lograr diversas



combinaciones para la producción de morteros de hormigón.

SÚPER PLASTIFICANTE: Se utiliza una adición en el hormigón nuevo para mejorar su trabajabilidad y capacidad de bombeo, al mismo tiempo que se pretende mejorar en gran medida la resistencia y la longevidad del hormigón resultante.

VACIADO: Proceso de vertido de hormigón.

VIBRADO: Empleado para erradicar el aire o espacios vacíos en el concreto.

ZAPATA: Sirve como base para un objeto compacto, como un pilar, y funciona principalmente mediante compresión.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de mezclas para la producción de concreto con materiales no convencionales

La línea base, también conocida como estudio de línea base, se refiere a la medición inicial de todos los indicadores incluidos en el diseño de un proyecto de desarrollo. Nos proporciona información sobre los valores de estos indicadores al inicio de las actuaciones planificadas, estableciendo fundamentalmente el punto de partida del proyecto o intervención. Durante el ciclo del proyecto, es fundamental crear una línea base desde el principio. Sin una línea de base, no habría datos disponibles para hacer comparaciones y analizar los cambios que ocurren a medida que avanza el proyecto.

3.1.1. Población y muestra

POBLACIÓN

La zona de Puno cuenta con canteras de materiales livianos, incluida la Provincia de San Antonio de Putina en el distrito de Putina, que se encuentra en

el límite de Puno y Cusco. Además, se encuentra la cantera a cielo abierto La Raya en la Provincia de Melgar, y los Centros Poblados de Loricongo y Titiri en la provincia de Laraqueri.

MUESTRA

La cantera se encuentra a 5,68 kilómetros al noroeste de la población metropolitana, a una altura de 4221 metros sobre el nivel del mar en la región de Laraqueri, específicamente en la zona conocida como Ancacaca. Además, se ubica a 2,4 km a la izquierda de la carretera interoceánica. Se realizarán un total de 08 pruebas para la recolección de datos. Para ejecutar el diseño específico se someterán a ensayos de compresión un total de 24 probetas de hormigón.

3.1.2. Características geográficas de la cantera en estudio.

La cantera Laraqueri se encuentra a 5,68 kilómetros al noroeste de la población metropolitana, a una altura de 4221 metros sobre el nivel del mar. También se ubica a 2,4 km a la izquierda de la carretera interoceánica. La localidad presenta muy malas condiciones climáticas durante los meses de mayo, junio y julio de cada año.

Tabla 1

Características Geográficas De La Cantera Laraqueri

DESCRIPCIÓN	
Ubicación	Latitud 16° 07' 30" S
	Longitud 70° 00' 06" O
Altitud	4221 msnm
Temperatura	Media 12°C
	Máxima 18°C
	Mínima -10 °C

3.1.3. Características físicas y mecánicas de agregado fino y material no convencional a emplearse en el estudio

Tabla 2

Características Físicas De Agregados Cantera: Laraqueri

FÍSICA	CARACTERÍSTICA	
	Fino	Agregado Piedra Pómez
Peso específico de masa	2.56 gr/cm ³	1.767 gr/cm ³
Peso seco compactado	1688 kg/m ³	861 kg/m ³
Peso seco suelto	1575 kg/m ³	750 kg/m ³
Absorción	3.31 %	11.702 %
Humedad	1.07 %	1.05 %
Módulo de Fineza	3.34	

3.1.4. Características resistentes de materiales noconvencionales a emplearse en el estudio

Cuando las partículas del agregado son fuertes y duraderas, la resistencia mecánica del concreto está determinada principalmente por la resistencia de la pasta de cemento y/o su capacidad para adherirse a los agregados. Por el contrario, cuando los agregados no son fuertes, su resistencia inherente se convierte en una limitación para lograr una alta resistencia mecánica en el concreto. Sin embargo, esto no implica que el hormigón no pueda ser más fuerte que las partículas individuales de los agregados, como lo demuestra la presencia de burbujas de aire o agregados livianos. Se recomienda asegurar que la resistencia necesaria en el hormigón coincida con la resistencia que presentan los áridos. De esta forma podemos evitar depender demasiado de la fuerza de



la pasta.

Al considerar la durabilidad mecánica de los áridos, se observó que los áridos de peso medio, que satisfacen los estándares de calidad determinados por los ensayos típicos que se les realizan (como sanidad, densidad, absorción, etc.), suelen estar constituidos por partículas de roca con propiedades de compresión. Resistencias superiores a 700 kg/cm². Esta característica les permite soportar resistencias a la compresión de hasta 500 kg/cm², que son comúnmente deseadas en hormigones tradicionales de peso normal.

De manera similar, se ha observado que para hormigones muy resistentes (que a menudo oscilan entre 500 y 1200 kg/cm²), la durabilidad inherente de los agregados se vuelve más significativa, lo que requiere criterios más estrictos. Esto se aplica no sólo a su resistencia, sino también a los factores que influyen en su adherencia con la pasta de cemento. Este fenómeno se produce porque se ha demostrado que, en casos de resistencias muy elevadas en el hormigón, la adherencia entre la pasta y el árido grueso es el elemento limitante que impide alcanzar niveles tan elevados.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que la resistencia intrínseca de las partículas que forman determinados áridos es una cualidad difícil de potenciar. Por ello, es necesario evaluar previamente el comportamiento de estos áridos en este sentido con la intención de aceptarlos o rechazarlos para el uso que se propone. Cuando se tiene esto en cuenta, es razonable suponer que la resistencia inherente de los áridos no es la que determina la resistencia mecánica del hormigón endurecido en condiciones normales. Más bien, la responsabilidad de esto es la resistencia de la pasta de cemento endurecida y/o

la adherencia de la pasta. Ambos aspectos son susceptibles de manipulación.

Tabla 3

Características Resistentes De Agregados Cantera: Laraqueri

CARACTERÍSTICAS RESISTENTES	P. P.
Perfil	Fracturado
Tipo de agregado	Natural
Resistencia al desgaste	61.24 %
Perdida	38.76 %
AASTHO	T – 26
ASTM	C – 131

Esta prueba de abrasión, que se realiza con la Máquina Los Ángeles, permite determinar la resistencia del agregado al desgaste mecánico o físico. Esto se logra poniendo el agregado en contacto directo con esferas de acero que giran junto con el material a una velocidad de 33 revoluciones por segundo. La duración de la prueba es de 15 o 30 minutos, dependiendo del tamaño de la grava. Esto hace que el material se desmorone.

Durante la fabricación, colocación y compactación de las obras de pavimentación, así como especialmente durante la vida útil de la construcción, los áridos deben ser capaces de resistir un desgaste y una granulometría irreversibles. Sin embargo, los agregados son los encargados de transmitir las fuerzas a través de los puntos de contacto, que son los lugares donde se ejercen presiones importantes. ASTM C-131, que se usa para agregados con un espesor de menos de 1 ½ pulgadas, y ASTM C-535, que se usa para agregados con un espesor de más de ½ pulgada, son las dos pruebas que se utilizan para medir la



resistencia. de los sitios de contacto.

Se considera que los agregados tienen poca resistencia si adquieren índices de desgaste superiores al cincuenta por ciento.

3.2. Diseño de mezclas de concreto ligero con material no convencional por el método del comité 211 del ACI

3.2.1. Método del comité 211 del ACI conceptos generales

1. El Comité 211 del American Concrete Institute ha establecido una técnica de diseño de mezclas que es muy sencilla. Este procedimiento, que se basa en algunas de las tablas que se incluyen en los anexos de esta tesis, permite adquirir valores para los distintos componentes que componen la unidad cúbica de hormigón.
2. El enfoque que se describe en este capítulo para determinar las proporciones es aplicable al concreto de peso normal, así como a las circunstancias que se mencionan dentro de cada una de las Tablas.
3. Aunque el diseño de concreto pesado y concreto ciclópeo se puede lograr usando los mismos datos y técnicas fundamentales, la información que se proporciona cuando se trabaja con estos dos tipos de concreto es complementaria.
4. Es una práctica común que las características de la actividad impongan limitaciones al individuo responsable de desarrollar la combinación. Estas restricciones pueden incluir lo siguiente:
 - Para la máxima relación agua-cemento.



- La mínima cantidad de cemento.
- La cantidad máxima de contenido de aire.
- El acto de asentarse.
- Determinar el tamaño nominal máximo del agregado grueso.
- La menor resistencia a la compresión posible.

Requisitos excepcionales que se refieren a la resistencia promedio del material, el uso de aditivos o la utilización de ciertas variedades de cemento o agregados.

Una evaluación de las cantidades de ingredientes que son necesarias para elaborar una unidad cúbica de concreto requiere el establecimiento de una secuencia que, dependiendo de las propiedades de los materiales, permita preparar la mezcla adecuada para el trabajo a realizar.

3.2.2. Diseño secuencia

Cuando se utiliza el Método ACI Comité 211, las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto se pueden determinar siguiendo la secuencia que se indica a continuación. Esto es así independientemente de si las características finales del concreto están especificadas en las especificaciones o si quedan a criterio del profesional responsable del diseño de la mezcla.

- Se está llevando a cabo el proceso de selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a la compresión requerida y la desviación estándar de la empresa constructora.
- Es importante elegir el tamaño nominal máximo de agregado.



- La elección del asentamiento.
- La selección del volumen unitario de agua de diseño se muestra en la Tabla 10.2.1.
- la selección del contenido de aire, que se puede encontrar en las Tablas 11.2.1 y 11.3.1
- Las tablas 12.2.2, 13.2.5, 13.3.2 y 13.4.1 se utilizan para elegir la relación agua-cemento con el fin de lograr y mantener resistencia y durabilidad.
- Establecimiento del Factor de Cemento mediante determinación
- Para determinar la composición del agregado grueso se utiliza la tabla 16.2.2.
- Para determinar el volumen total de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso, es necesario determinar esas cantidades.
- Se ha realizado la determinación del volumen total de árido fino.
- El proceso de determinación del peso seco del agregado de sedimento fino.
- Se lleva a cabo el proceso de determinación de los valores de diseño de cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.
- Con el propósito de ajustar los parámetros de diseño para la humedad del agregado.
- El proceso de determinar la proporción teniendo en cuenta el peso,



el diseño y el esfuerzo.

- El proceso de determinar los pesos de cada lote perteneciente a una bolsa.

NOTA: Tenga en cuenta que la creación de diversos enfoques para el diseño de mezclas requiere el uso de tablas proporcionadas, que se pueden ubicar en los anexos de este trabajo de tesis.

Como se dijo anteriormente, los agregados que se utilizaron en esta investigación corresponden a la cantera. Esto se hizo por el motivo comentado anteriormente.

Tanto la cantera Laraqueri como la Isla, que como se ha demostrado, tienen las propiedades físicas y resistivas adecuadas para el hormigón.

El Comité 211 del American Concrete Institute ha establecido una técnica de diseño de mezclas que es muy sencilla. Este procedimiento, que se basa en algunas de las tablas que se incluyen en los anexos, permite adquirir valores para los distintos componentes que componen la unidad cúbica de hormigón.

3.2.3. Aplicación

A. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Calcule las proporciones de los elementos componentes de un concreto que se utilizarán para calcular la resistencia a la compresión del concreto con fines de investigación. Esto se hará comparando la resistencia a la compresión del hormigón de las distintas formas. Estos son los requisitos que se deben tener en cuenta:



- a. Como consecuencia de las temperaturas bajo cero o la presencia de cloruros y sulfatos, el diseño no tiene barreras para su implementación.
- b. Cuando hayan transcurrido 28 días, se requiere que la resistencia a la compresión del diseño sea de 350 kg/cm². Se tendrá en consideración una divergencia igual al quince por ciento de la resistencia.
- c. El hormigón debe tener una consistencia similar al plástico.

B. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

1. CEMENTO

Portland ASTM, tipo IP Rumi. Peso específico. 2.92 gr/cm³.

2. AGUA

Agua potable.

3. AGREGADO FINO

Peso específico de masa. 2.56 gr/cm³. Absorción. 3.31 %

Humedad. 1.07 %

Módulo de fineza. 3.34



4. PIEDRA POMEZ

Perfil angular.

Tamaño máximo nominal. 1/2" Peso específico de masa. 1.767

Absorción. 11.702 %

Humedad. 1.05 %

Peso seco compactado. 861 Kg/cm3.

5. DESARROLLO DE DISEÑO DE CONCRETO LIGERO CON MATERIALES NO CONVENCIONALES

Paso 1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (f'cr)

Resistencia del concreto establecido = 350 kg/cm2.

Desviación estándar (S) = 51 kg/cm2.

Formula 7: Desviación Estándar

$$f'_c = f'_c + 2.33 \left(\frac{S}{c} \right) - \frac{k}{c^2} f'_c \implies 350 + 2.33 \left(\frac{51}{c} \right) - \frac{35}{c^2} (350) = 434$$

Se toma en cuenta el mayor: 434 kg/cm2

Paso 2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO

Establecido en las especificaciones de diseño T.M.N.: ½"

Paso 3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Exigencia del diseño, en este caso se establece que la mezcla tenga consistencia plástica.

Paso 4. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Uso de tabla 10.2.1. Asentamiento 3" a 4" Mezcla sin aire incorporado.

Tamaño máximo nominal ½". Agua: 215 lit. (m³)

Paso 5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Concreto normal sin influencia de agente externo. Uso tabla 11.2.1

Tamaño máximo nominal ½". Aire atrapado: 2.5 %

Paso 6. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Concreto normal.

Resistencia promedio: 434 kg/cm² Sin aire incorporado.

Tabla 12.2.2

POR RESISTENCIA. A/C = 0.39

Paso 7. FACTOR CEMENTO



Cantidad de agua. = 215 lit. Relación agua /cemento = 0.39

Cemento = agua/a-c 215 / 0.39 = 551.3 kg.

Cemento = 551 kg (13 bolsas)

Paso 8. CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO (PIEDRA POMEZ)

Uso tabla 16.2.2

Tamaño máximo nominal: $\frac{3}{4}$ "

Módulo de fineza de agregado fino: 3.34 Peso seco compactado. : 861 kg/m³.

AG. (Vol.) = 0.496 m³.

AG. (Peso): 861*(0.496) = 427 kg.

AG = 427 kg. (seco)

Paso 9. CÁLCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS

Cemento. : 551.3/2920 = 0.1890 m³.

Agua. : 215/1000 = 0.2150 m³.

Aire atrapado. : 2.5 % = 0.0250 m³.

Agregado grueso. : 427/1770 = 0.2420 m³.

$\Sigma = 0.671$ m³.

Paso 10. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Peso específico de masa AF. : 2.56 Suma volúmenes absolutos: 0.671 m³

Volumen AF. = 1.0000 – 0.671 = 0.329 m³



$$\text{Peso AF.} = 2560 (0.329) = 842.0 \text{ kg}$$

$$\text{Peso AF.} = 842 \text{ kg (seco)}$$

Paso 11. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Humedad A.F. : 1.07 % Humedad P.P. : 1.05 % Absorción A.F. : 3.31 % Absorción P.P. : 11.70 % Peso seco A.F.: 842 kg. (seco)

Peso seco P.P.: 427 kg. (seco) Humedad superficial de los agregados.

$$\text{A.F.} = 842 (1.0107) = 839.77 = 851.2 \text{ kg. (Húmedo)}$$

$$\text{P.P.} = 427 (1.0105) = 1076.61 = 431.8 \text{ kg. (Húmedo)}$$

Aporte de la humedad superficial.

$$\text{A.F.} = 842 (0.0107 - 0.1170) = - 45.50 \text{ lt.}$$

$$\text{P.P.} = 427 (0.0105 - 0.0330) = -18.87 \text{ lt}$$

$$\Sigma = -45.50 - 18.87 = - 64.37$$

$$\text{Agua neta} = 215 - (- 64.37) = 279 \text{ lt.}$$

Paso 12. PROPORCIÓN EN PESO PARA UN KILO DE CEMENTO

Cemento	A.F.	P.P.	/	Agua
/	$\frac{5}{5}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{2}{5}$



1.0 : 1.54 : 0.78 /
0.51

Paso 13. CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN M3 DE CONCRETO

Cemento: 551 kg.

Agregado fino: 851 kg. Húmedo.

Piedra Pómez: 432 kg. Húmedo.

Agua: 279 lt.

P.P. = Piedra Pómez.

3.3. Fundamento sobre concreto de mediana resistencia

La fuerza se refiere a la capacidad de soportar y resistir cargas y tensiones. Se caracteriza por un rendimiento superior bajo compresión en comparación con tensión, debido a las cualidades adhesivas de la pasta de cemento.

El factor clave que lo determina es la concentración de la pasta de cemento, a menudo medida como la relación en peso de agua a cemento.

Los materiales de hormigón típicos suelen presentar resistencias a la compresión que oscilan entre 100 y 400 kg/cm². Mediante optimizaciones del diseño, es posible alcanzar resistencias superiores a 700 kg/cm² sin el uso de productos químicos. Las tecnologías que utilizan polímeros, que son aglutinantes sintéticos añadidos a la mezcla, permiten alcanzar resistencias a la compresión de aproximadamente 1.500 kg/cm². Parece que el avance de estas técnicas probablemente superará estos niveles de resistencia en el futuro.

Tabla 4*Clasificación de Concreto Según su Resistencia*

TIPO DE CONCRETO	Kg/cm ²
CONCRETO NORMALES	100 - 400
CONCRETOS OPTIMIZADOS SIN ADITIVOS	Mayores a 700
CONCRETO CON POLÍMEROS	Rodean los 1,500

Nota: ENRIQUE PASQUEL CARBAJAL

Con base en los criterios de clasificación del libro "TEMÁTICOS DE LA TECNOLOGÍA DEL CONCRETO EN EL PERÚ" del autor ENRIQUE PASQUEL CARBAJAL, publicado en NOVIEMBRE de 1998, esta investigación se enfoca en diseñar un concreto con una resistencia normal o media. Inicialmente el concreto tuvo una resistencia de $f'c=210$ kg/cm², la cual fue insuficiente para un correcto desempeño debido a su baja resistencia a la abrasión.

Tabla 5*Variación del Porcentaje (%) De Abrasión de Piedra Pómez*

Tratamiento Con Lechada De		Tratamiento Sin Lechada De Cemento	
% Desgaste	kg/cm ² Promedio	% Desgaste	kg/cm ² Promedio
67.8	207.8	38.76	532.5

Sin embargo, mediante la recopilación, interpretación y aplicación de nuevos conocimientos, pudimos combinar las propiedades de la piedra pómez con una lechada de cemento. Esto nos permitió mejorar su resistencia a la abrasión, algo que no se había logrado anteriormente en julio de 2023. Al mejorar



las características de la piedra pómez, nos arriesgamos a diseñar una estructura con una resistencia aún mayor, alcanzando los 350 kg/cm². Este valor aún se encuentra dentro de los parámetros de resistencia media o normal del concreto, como se indica en la tabla No. 5. Sin embargo, el resultado satisfactorio fue que la resistencia promedio del concreto alcanzó unos impresionantes 532,5 kg/cm².

El crecimiento de la industria de la construcción ha propiciado la aparición de nuevas tecnologías. En este estudio se introdujeron aditivos para modificar la estructura del hormigón con una resistencia de diseño de 350 kg/cm². Los resultados mostraron un aumento en la resistencia a la compresión, con un valor promedio de 851,4 kg/cm².



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variación de la resistencia del concreto ligero

4.1.1. *Propuesta de concreto ligero de resistencia media sin adición de aditivos*

PROPUESTA I - A

Tabla 6

Diseño De Concreto Sin Aditivos Propuesta I – A

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	551	Kg.
Agua	279	Lt.
Agregado Grueso (Piedra Pomez)	432	Kg.
Agregado Fino	851	Kg.
Aire	2.5	%

Este diseño es la propuesta para la elaboración de concreto de $f'c=350\text{kg/cm}^2$, las cantidades fueron determinadas para el moldeo de 04 briquetas.

4.1.2. Propuesta de concreto ligero de resistencia media con adición de aditivos

PROPUESTA I

Tabla 7

Diseño De Concreto Ligero Con 2% De Sika Fume Y 91.95 MI De Euco 537

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	12.26	Kg.
Agua	6.26	Lt.
Agregado Grueso	9.62	Kg.
Agregado Fino	20.22	Kg.
Aire	2.5	%
Sika Fume	245	Gr
Euco 537	91.95	MI

PROPUESTA II

Tabla 8

Diseño De Concreto Ligero Con 4% De Sika Fume Y 91.95 MI De Euco 537

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	12.26	Kg.
Agua	6.26	Lt.
Agregado Grueso	9.62	Kg.
Agregado Fino	20.22	Kg.
Aire	2.5	%
Sika Fume	490	Gr
Euco 537	91.95	MI



PROPUESTA III

Tabla 9

Diseño De Concreto Ligero Con 6% De Sika Fume Y 91.95 Ml De Euco 537

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	12.26	Kg.
Agua	6.26	Lt.
Agregado Grueso	9.62	Kg.
Agregado Fino	20.22	Kg.
Aire	2.5	%
Sika Fume	736	gr
Euco 537	91.95	ml

PROPUESTA IV

Tabla 10

Diseño De Concreto Con 8% De Sika Fume Y 28.56 Ml De Euco 537

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	3.81	Kg.
Agua	1.94	Lt.
Agregado Grueso	2.99	Kg.
Agregado Fino	6.28	Kg.
Aire	2.5	%
Sika Fume	305	Gr
Euco 537	28.56	MI

PROPUESTA V

Tabla 11

Diseño De Concreto Con 10% De Sika Fume Y 28.56 Ml De Euco 537

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	3.81	Kg.
Agua	1.94	Lt.
Agregado Grueso	2.99	Kg.
Agregado Fino	6.28	Kg.
Aire	2.5	%
Sika Fume	381	Gr
Euco 537	28.56	MI

Una vez obtenido los pesos necesarios para el moldeo se propuso la adición de los aditivos, Sika Fume se adicionará en porcentaje con relación al peso del cemento y será el 2%, 4%, 6%, 8% y 10%; además de eso se adicionará Eucon 537 para mejorar la trabajabilidad.

4.1.3. Análisis de los resultados de resistencia del concreto ligero de resistencia media sin adición de aditivos Propuesta I – A

PROPUESTA I – A

Tabla 12

Diseño De Concreto Ligero Sin Aditivos

N°	Descripción de la Muestra	F'c Diseño Kg/cm ²	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	CARGA A kg	Área cm ²	Edad Días	Resistencia Kg/cm ²	Resistencia %
1	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta I –A	350	13/04/15	14/04/15	35910	173.20	28	525.23	150.07
2	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta I - A	350	13/04/15	14/04/15	37750	179.08	28	532.40	152.11
3	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta I –A	350	13/04/15	14/04/15	37530	177.66	28	533.34	152.38
4	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta I -A	350	13/04/15	14/04/15	37065	173.20	28	539.02	154.01
RESISTENCIA PROMEDIO								532.50	152.14

En el cuadro Nro. 14 muestran los datos de roturas de probetas las cuales a los 28 días alcanzaron 152.14% en su promedio, la resistencia alcanzada fue sin la adición de aditivos.

4.1.4. Análisis de resultados de ensayos de resistencia del concreto

ligero con adición de Sika fume y Euco 537

PROPUESTA I

Tabla 13

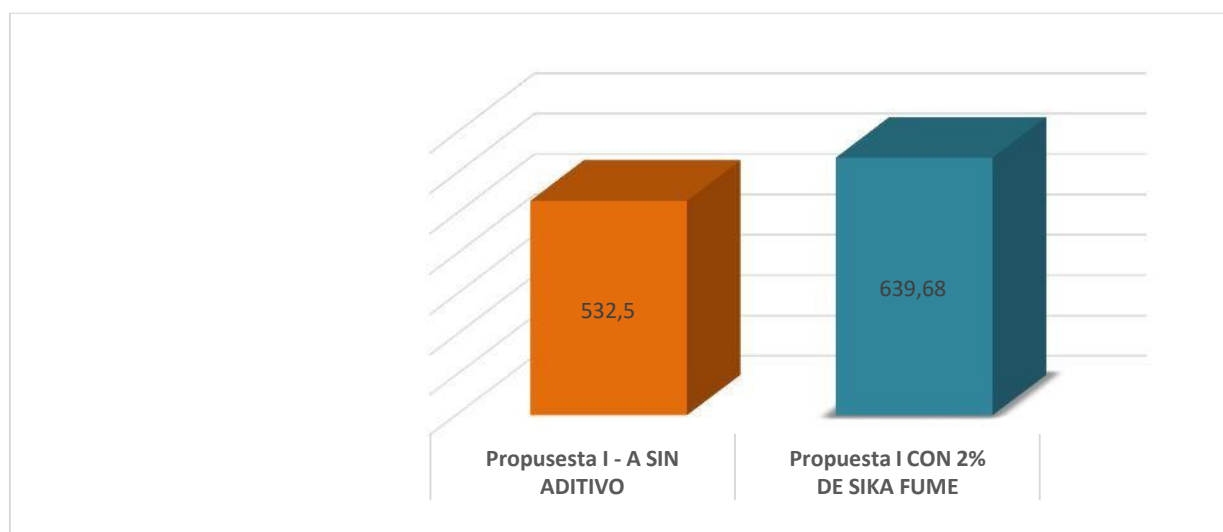
Diseño De Concreto Ligero Con 2% De Sika Fume Y 91.95 MI De Euco 537

N°	Descripción de la Muestra	F'c Diseño Kg/cm ²	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	CARGA kg	Área cm ²	Edad Días	Resistencia Kg/cm ²	Resistencia %
1	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta I	350	30/03/15	31/03/15	45780	173.43	28	642.36	183.53
2	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta I	350	30/03/15	31/03/15	45190	172.73	28	637.50	182.14
3	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta I	350	30/03/15	31/03/15	45590	174.83	28	635.74	181.64
4	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta I	350	30/03/15	31/03/15	45290	171.34	28	643.10	183.74
RESISTENCIA PROMEDIO								639.68	182.76

PROPUESTA I

Figura 10

Diseño De Concreto Ligero Con 2% De Sika Fume Y 91.95 MI De Euco 537



RESISTENCIA DEL CONCRETO

700
600
500
400
300
200
100
0

RESISTENCIA DEL CONCRETO	532,5	■	639,68
--------------------------	-------	---	--------

En la propuesta I con 2% de Sika Fume y 91.95, se observó que el resultado promedio de su rotura alcanza 182.76% con respecto a la resistencia de diseño (350kg/cm^2), así mismo con la adición de Sika Fume la resistencia aumento 16.75% (107.18kg/cm^2) con relación al concreto sin aditivo, además de eso en el proceso de mezclado, resalta la homogeneidad de la mezcla.

PROPUESTA II

Tabla 14

Diseño De Concreto Ligero Con 4% De Sika Fume Y 91.95 MI De Euco 537

N°	Descripción de la Muestra	F' C Diseño Kg/cm ²	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	CARGA Kg	Área cm ²	Edad Días	Resistencia Kg/cm ²	Resistencia %
1	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta II	350	13/04/15	14/04/15	49189	171.34	28	690.15	197.19
2	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta II	350	13/04/15	14/04/15	54926	180.50	28	725.76	207.36
3	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta II	350	13/04/15	14/04/15	51607	174.83	28	706.90	201.97
4	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta II	350	13/04/15	14/04/15	52597	171.34	28	731.28	208.94
RESISTENCIA PROMEDIO								713.52	203.86

PROPUESTA II

Figura 11

Diseño De Concreto Ligero Con 4% De Sika Fume Y 91.95 Ml De Euco 537



RESISTENCIA DEL CONCRETO	532,5	713,52
--------------------------	-------	--------

En la propuesta II con 4% de Sika Fume y 91.95, se observó que el resultado promedio de su rotura alcanzo 203.86% con respecto a la resistencia de diseño (350kg/cm^2), así mismo con la adición de Sika Fume la resistencia aumento 25.37% (181.02kg/cm^2) con relación al concreto sin aditivo, además de eso en el proceso de mezclado, resalta la homogeneidad de la mezcla.

PROPUESTA III

Tabla 15

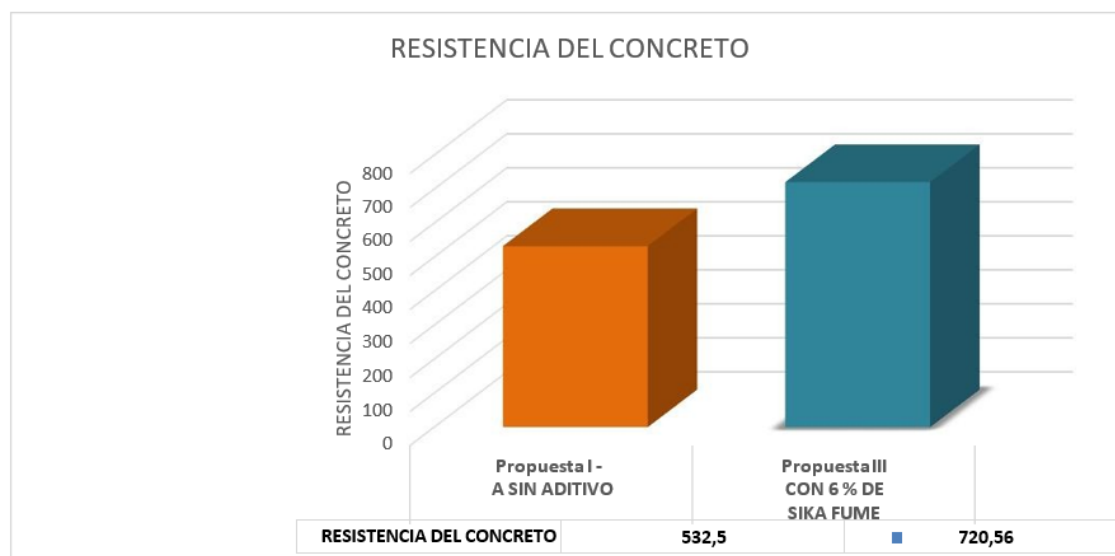
Diseño De Concreto Ligero Con 6 % De Sika Fume Y 91.95 MI De Euco 537

N°	Descripción de la Muestra	F'c	Fecha	Fecha	CARGA	Área	Edad	Resistenci	Resistenci
		Diseño	Moldeo	Rotura				Días	a
		Kg/cm2			kg	cm2		Días	kg/cm2
1	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta III	350	26/03/15	27/03/15	52150	172.96	28	719.99	205.71
2	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta III	350	26/03/15	27/03/15	54360	180.50	28	719.27	205.51
3	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta III	350	26/03/15	27/03/15	53510	173.20	28	735.38	210.11
4	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta III	350	26/03/15	27/03/15	51390	173.90	28	707.58	202.17
RESISTENCIA PROMEDIO								720.56	205.87

PROPUESTA III

Figura 12

Diseño De Concreto Ligero Con 6 % De Sika Fume Y 91.95 MI De Euco 537

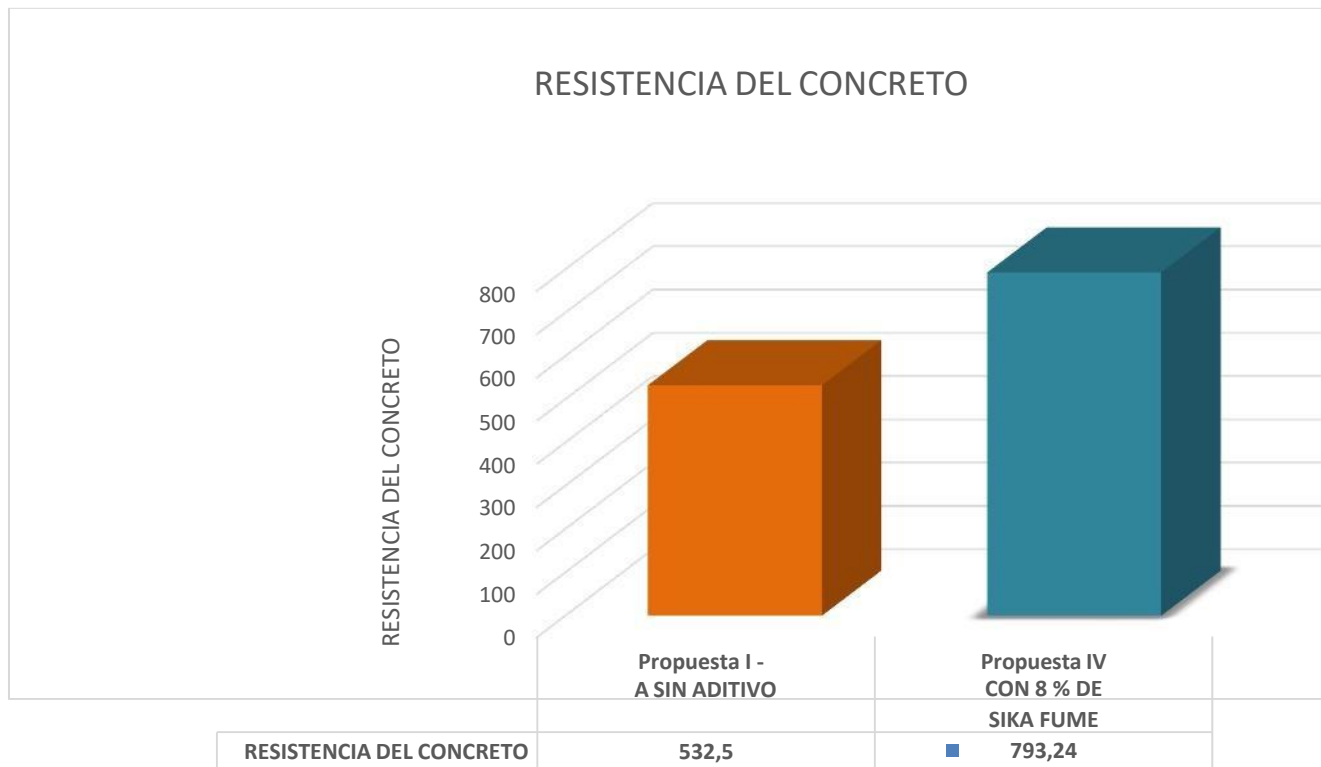


En la propuesta III con 6% de Sika Fume y 91.95, se observó que el resultado

PROPUESTA IV

Figura 13

Diseño De Concreto Ligero Con 8 % De Sika Fume Y 28.58 MI De Euco537



En la propuesta IV con 8% de Sika Fume y 28.58, se observó que el resultado promedio de su rotura alcanzo 226.64% con respecto a la resistencia de diseño (350kg/cm^2), así mismo con la adición de Sika Fumela resistencia aumento 32.87% (260.74kg/cm^2) con relación al concreto sinaditivo, además de eso en el proceso de mezclado, resalto la homogeneidad de la mezcla.

PROPUESTA V

Tabla 17

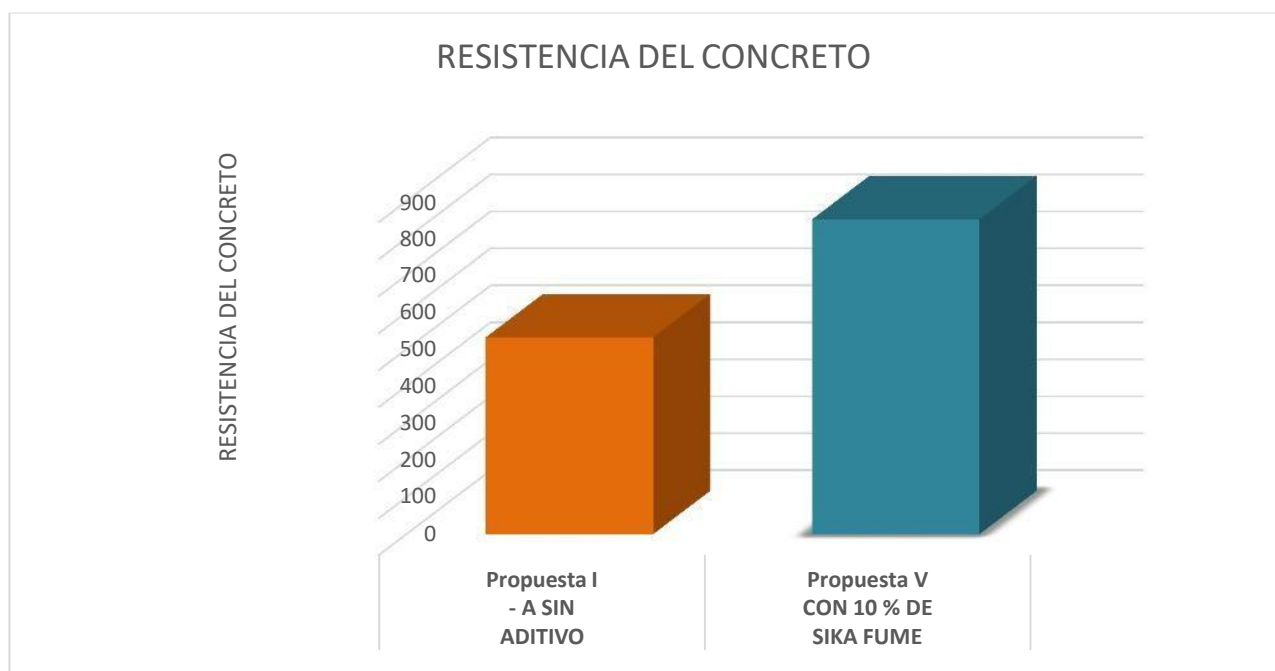
Diseño De Concreto Ligero Con 10 % De Sika Fume Y 28.58 MI De Euco 537

N°	Descripción de la Muestra	F' C Diseño Kg/cm ²	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	CARGA Kg	Área cm ²	Edad Días	Resistencia Kg/cm ²	Resistencia %
1	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta V	350	19/03/15	20/03/15	29184	80.12	28	849.74	242.78
2	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta V	350	19/03/15	20/03/15	30004	82.19	28	851.41	243.26
3	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta V	350	19/03/15	20/03/15	29939	82.19	28	849.78	242.79
4	Briqueta de prueba 15.00X30 Propuesta V	350	19/03/15	20/03/15	29199	79.64	28	854.68	244.19
RESISTENCIA PROMEDIO								851.40	243.26

PROPUESTA V

Figura 14

Diseño De Concreto Ligero Con 10 % De Sika Fume Y 28.58 MI De Euco 537



RESISTENCIA DEL CONCRETO	532,5	■	851,4
--------------------------	-------	---	-------

En la propuesta V con 10% de Sika Fume y 28.58, se observó que el resultado promedio de su rotura alcanzo 243.26% con respecto a la resistencia de diseño (350kg/cm^2), así mismo con la adición de Sika Fume la resistencia aumento 37.46% (218.90kg/cm^2) con relación al concreto sin aditivo, además de eso en el proceso de mezclado, resalta la homogeneidad de la mezcla.

4.1.5. Comparación de resultados según su la adición de aditivos del concreto ligero

Tabla 18

Comparación De Resultados Según Su La Adición De Aditivos

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm^2)
Sin Aditivo	532.50
2%	639.68
4%	713.52
6%	720.56
8%	793.24
10%	851.40

Figura 15

Comparación De Resultados Según Su La Adición De Aditivos

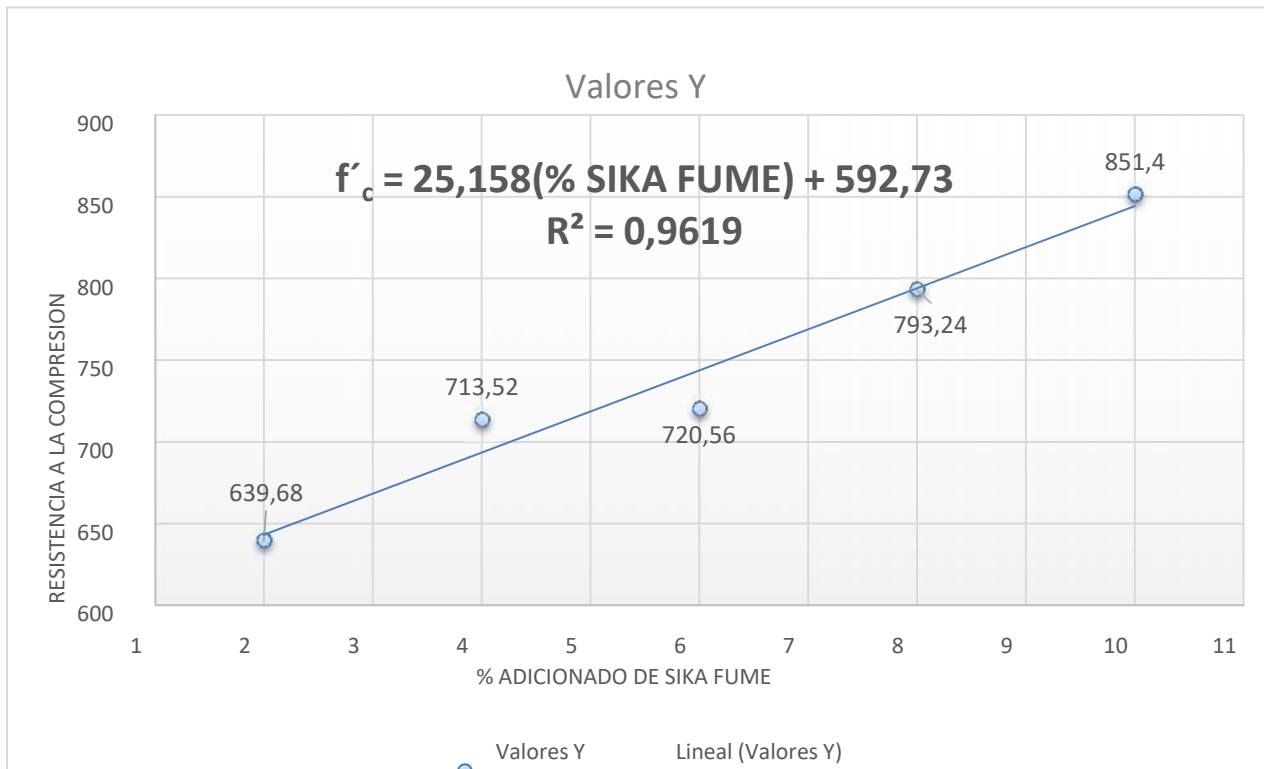


Según los datos promedio de las roturas se resumió en el Cuadro 20, con

los datos de este cuadro se hizo la Figura 15, en la cual muestra la evolución de resistencia a la compresión las barras azules son roturas de concreto con aditivos y la barra de color naranja muestra la rotura de un concreto sin aditivos en tal motivo es de presumir que con la adición de aditivos la resistencia aumenta, además de ellos se realizó la comparación con otras obras las cuales son las barras de color verde.

Figura 16

Ecuación Para Hallar Posibles Resistencias Con Distintos Porcentajes De Sika Fume



En la Figura 16 en base a los registros de roturas de probetas se crea una ecuación de correlación la cual servirá para determinar la posible resistencia si se utiliza Sika Fume y Euco 537 el cual será re ajustado con el valor de $R^2 = 0.9619$ para exactitud.

4.2. Análisis de la consistencia del concreto ligerofresco con la variación de euco 537

Tabla 19*Diseño De Concreto 350 Kg/Cm2 Sin Aditivos*

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	12.26	Kg.
Agua	6.26	Lt.
Agregado Grueso	9.62	Kg.
Agregado Fino	20.22	Kg.
Aire	2.5	%

En el Cuadro 21 muestra la dosificación del diseño propuesto, que fue de 350 kg/cm² el cual se moldeó en su inicio sin la adición de aditivos para conocer sus características mecánicas sin la ayuda de aditivos.

Tabla 20*Dosificación De Euco 537 Según Peso De Cemento Y Sika Fume*

PROPUESTA	AGUA lt	SIKA FUME %	EUCO 537 ml	ADICIÓN EXTRA (ml)
I - A	6.26	0	91.95	0
I	6.26	2	91.95	0
II	6.26	4	91.95	8.05
III	6.26	6	91.95	30
IV	1.94	8	28.56	15
V	1.94	10	28.56	15

En el Cuadro 22 se muestra las diferentes propuestas (Propuesta I – A, I, II, III, IV Y V) respectivamente, en cada uno de las propuestas indica la cantidad de agua con la que se moldeó, además de eso la cantidad de aditivos que se adicionaron, cabe destacar que durante su moldeo se adicionó más Euco 537 ensayando la trabajabilidad de la mezcla.

Tabla 21

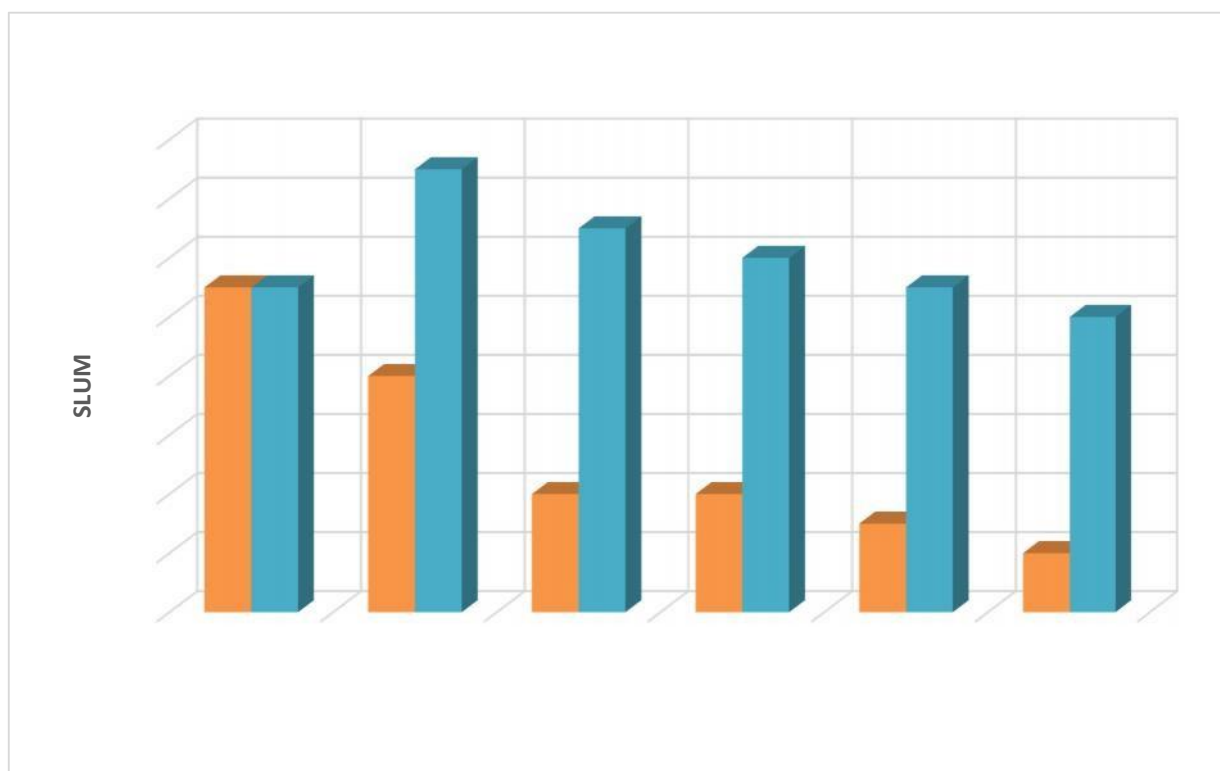
Comparación De Datos De Revenimiento (Slum)

PROPUESTA	SIKA FUME %	EUCO 537 ml	SLUM SIN ADITIVO (PULG)	RSLUM CON ADITIVO (PULG)
I - A	0	0	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{3}{4}$
I	2	91.95	2	3 $\frac{3}{4}$
II	4	100.00	1	3 $\frac{1}{4}$
III	6	121.95	1	3
IV	8	43.56	$\frac{3}{4}$	2 $\frac{3}{4}$
V	10	43.56	$\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$

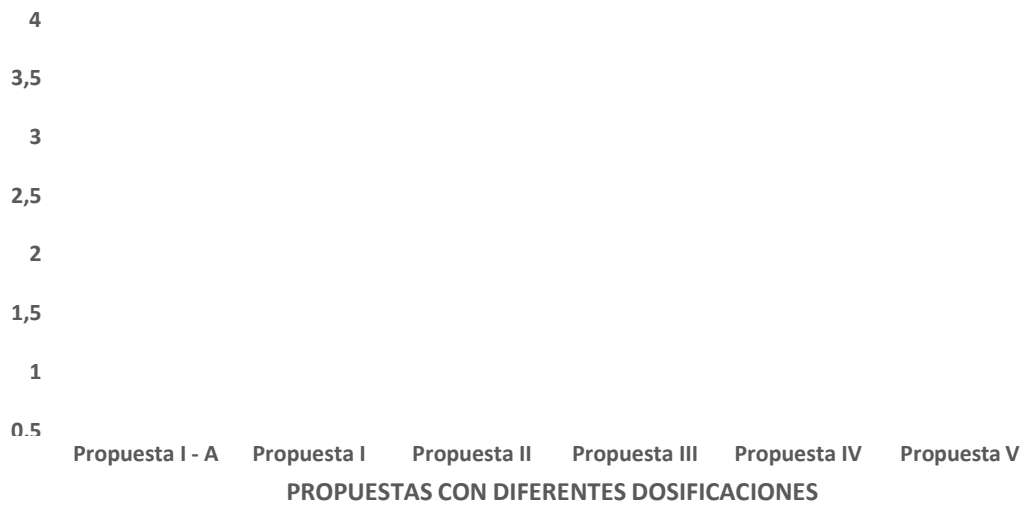
En el Cuadro 23 muestra los resultados del ensayo de revenimiento que se realizó con el cono de abrams, los cuales demuestran que con la adición de Euco 537 la trabajabilidad de la mezcla aumento, siendo así la mezcla más trabajable y de fácil mezclado.

Figura 17

Comparación De Resultados Según Su La Adición De Aditivos Euco 537



REVENIMIENTO DE LA MEZCLA EN ESTADO FRESCO



En la Figura 17 se puede apreciar la comparación de resultados según la adición del aditivo Euco 537, las barras de color naranja es la mezcla sin adición de Euco 537 y las barras de color celeste es la mezcla con la adición de Euco 537

4.3. Análisis del peso específico del concreto ligero con la adición de los aditivos sika fume y euco 537

PROPUESTA I – A

Tabla 22

Diseño De Concreto Sin Aditivos Propuesta I – A

PESO (gr)	DIÁMETRO PROM (cm)	ÁREA (cm ²)	ALTURA PROM (cm)	VOL (cm ³)	P. E. (kg/m ³)
10464	30.33	173.20	30.33	5253.15	1991.94
10763	30.09	179.08	30.09	5388.51	1997.39
10721	30.16	177.66	30.16	5358.22	2000.84
10750	30.09	173.20	30.09	5211.58	2062.71
PROMEDIO					2013.22



PROPUESTA I

Tabla 23

Diseño De Concreto Con 2% De Sika Fume Y 91.95 ml De Euco 537

PESO (gr)	DIÁMETRO PROM (cm)	ÁREA (cm ²)	ALTURA PROM (cm)	VOL (cm ³)	P. E. (kg/m ³)
10431	30.15	173.43	30.15	5228.91	1994.86
10474	30.10	172.73	30.10	5199.60	2014.38
10435	30.17	174.83	30.17	5273.74	1978.66
10377	30.06	171.34	30.06	5150.48	2014.76
PROMEDIO					2000.67

PROPUESTA II

Tabla 24

Diseño De Concreto Con 4% De Sika Fume Y 91.95 ml De Euco 537

PESO (gr)	DIÁMETRO PROM (cm)	ÁREA (cm ²)	ALTURA PROM (cm)	VOL (cm ³)	P. E. (kg/cm ³)
10492	30.04	171.34	30.04	5146.19	2038.78
10471	30.04	180.50	30.04	5422.67	1930.96
10459	30.02	174.83	30.02	5248.39	1992.79
10387	30.04	171.34	30.04	5147.48	2017.87
PROMEDIO					1995.10

PROPUESTA III

Tabla 25

Diseño De Concreto Con 6% De Sika Fume Y 91.95 ml De Euco 537

PESO (gr)	DIÁMETRO PROM (cm)	ÁREA (cm ²)	ALTURA PROM (cm)	VOL (cm ³)	P. E. (kg/m ³)
10560	30.06	172.96	30.06	5199.17	2031.09
10614	30.07	180.50	30.07	5427.18	1955.71
10580	30.12	173.20	30.12	5216.78	2028.06
10627	30.04	173.90	30.04	5224.39	2034.11
PROMEDIO					2012.24

Nota: Elaboración Propia

PROPUESTA IV**Tabla 26***Diseño De Concreto Con 8% De Sika Fume Y 28.56 ml De Euco 537*

PESO (gr)	DIÁMETRO PROM (cm)	ÁREA (cm²)	ALTURA PROM (cm)	VOL (cm³)	P. E. (kg/m³)
3411	30.13	80.12	20.08	1609.15	2119.74
3399	30.24	82.19	20.16	1656.75	2051.59
3393	30.11	82.19	20.08	1650.04	2056.30
3401	30.17	79.64	20.12	1602.03	2122.92
PROMEDIO					2087.64

PROPUESTA V**Tabla 27***Diseño De Concreto Con 10% De Sika Fume Y 28.56 ml De Euco 537*

PESO (gr)	DIÁMETRO PROM (cm)	ÁREA (cm²)	ALTURA PROM (cm)	VOL (cm³)	P. E. (kg/m³)
3409	30.13	80.12	20.08	1609.15	2118.50
3424	30.24	82.19	20.16	1656.75	2066.68
3393	30.11	82.19	20.08	1650.04	2056.30
3415	30.17	79.64	20.12	1602.03	2131.65
PROMEDIO					2093.28

Como se sabe el peso específico del concreto simple es 2300 kg/m^3 para concretos convencionales, pero para concretos de alta resistencia es mayor su peso, en los diferentes moldeos que se realizó se tiene que están por debajo del peso normal de concreto simple.

4.3.1. Comparación de resultados según su laadición de aditivos

Tabla 28

Comparación De Resultados Según Su Peso Específico

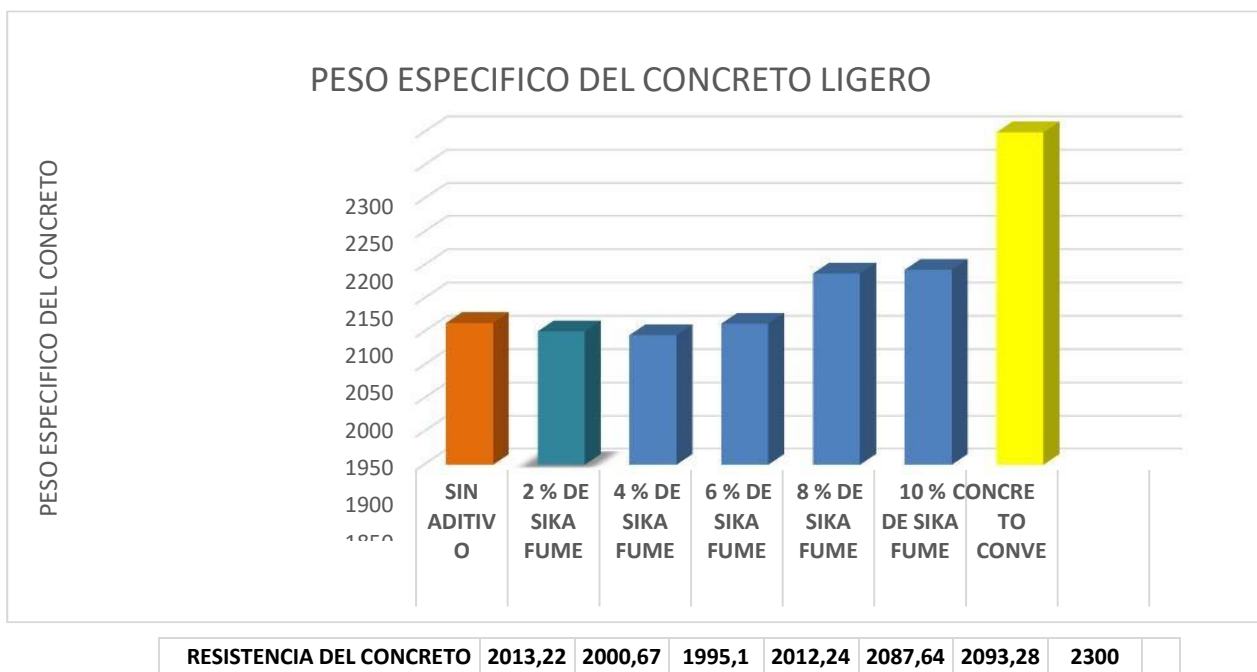
DESCRIPCIÓN	PESO ESPECIFICO (kg/m ³)
Sin Aditivo	2013.22
2%	2000.67
4%	1995.10
6%	2012.24
8%	2087.64
10%	2093.28
Concreto Convencional	2300.00

La Tabla 30 presenta un resumen de los hallazgos del peso específico del concreto con diferentes adiciones en comparación con el concreto ordinario elaborado con materiales de la misma resistencia en este estudio de investigación.

Figura 18

Comparación De Resultados Según Su Peso Específico

Figura 18: Comparación De Resultados Según Su Peso Específico





En la Figura 18 esquematiza la evolución de cada uno de los moldeos, cabe mencionar que con la adición de 4% de Sika fume registra el menor peso, siendo así 1995.1 kg/m^3 un valor menor en un 15.3% del peso de concretos convencionales.

CONCLUSIONES

1. La inclusión de aditivos y el uso de piedra pómez mejoraron tanto la densidad como la resistencia a la compresión del hormigón.
2. Las probetas de hormigón se moldearon con una resistencia a la compresión de 350 kg/cm². En este diseño, se aplicaron varios porcentajes de Sika Fume (2%, 4%, 6%, 8%, 10%) en relación al peso del cemento utilizado en el diseño. Se observó un aumento de la resistencia de hasta el 62,5% en comparación con el hormigón sin aditivos (350 kg/cm²), resultando una resistencia de 851 kg/cm². Además, Sika Fume tiene cualidades favorables que ayudan a resistir los ataques. El hormigón se ve afectado por los productos químicos y la intemperie, lo que lleva a la conclusión de que Sika Fume tiene una influencia significativa sobre el hormigón.

El diseño implementado utilizó una relación agua-cemento de 0,39, lo que sugiere que la lechada resultante carecería de trabajabilidad. Además, la inclusión de Sika Fume resultó en una menor trabajabilidad de la mezcla, lo que requirió la aplicación de Eucon 537 para lograr los resultados deseados. El uso del 10% de Sika Fume no causó ninguna disminución en el asentamiento, pero el uso de Eucon 537 resultó en un asentamiento de 2½". Por lo tanto, se puede afirmar que Eucon 537 mejoró la trabajabilidad del concreto.

3. La piedra pómez suele considerarse un material quebradizo porque tiene poca resistencia a la abrasión. Como resultado, generalmente no es adecuado para su uso como agregado en concreto estructural. Sin



embargo, nuestra investigación ha demostrado lo contrario, demostrando que la piedra pómez sí puede utilizarse para este fin. Además, su formación también contribuye a su idoneidad. Las características permeables de la piedra pómez contribuyeron a una disminución de la densidad del hormigón, resultando en una reducción del 15,3% en comparación con el hormigón normal. Además, este estudio descubrió las propiedades termoacústicas de una manera que permite que el hormigón resultante también posea estas propiedades.

4. La resistencia a la compresión del hormigón es un parámetro crucial. Para ello se preparó una mezcla de hormigón sin aditivos y utilizando únicamente piedra pómez. Los resultados fueron positivos, ya que se superó la resistencia diseñada de 350 kg/cm², alcanzando una resistencia máxima de 532 kg/cm². Este hallazgo establece que la piedra pómez puede utilizarse como agregado en la producción de concreto para aplicaciones que requieran cargas superiores a 500 kg/cm² en la región Puno.



RECOMENDACIONES

1. La investigación implicó realizar un diseño de mezcla, el cual debe seguirse estrictamente durante la etapa de producción del concreto. Cualquier cambio en las proporciones de los componentes tiene un impacto negativo en la resistencia final del hormigón. La adición de Sika Fume debe realizarse antes de agregar agua para asegurar una mezcla homogénea. En los casos en los que la trabajabilidad sea un problema, se debe agregar Eucon 537. La aplicación es discrecional y podrá realizarse en agua. Sin embargo, se obtienen resultados superiores cuando se aplica directamente al hormigón recién vertido. Además, no se recomienda aplicarlo de otra manera. El contenido mínimo de agua requerido es de 1040 ml por 100 kg de cemento para evitar retrasos en el periodo de fraguado.
2. La piedra pómez en la cantera se encuentra en tamaños de 12 a 20 pulgadas por lo tanto deberán triturarse en chancadora, se recomienda calibrar de tal manera que pueda tenerse la gradación adecuada.
3. La piedra pómez es porosa es por tal motivo que puede absorber de manera drástica el agua durante el mezclado, este estudio realizó un embadurnamiento con lechada de cemento para así sellar en cierta forma los poros exteriores, pero no al extremo, para así las aristas que presenta al momento de la fracturación no disminuyan y aun exista adherencia entre agregado y la pasta.
4. Por situaciones de seguridad se recomienda tener en cuenta barbiquejo y guantes cuando se manipule el aditivo Sika Fume y Euco 537.



5. Se recomienda investigar más sobre la piedra pómez ya que en un futuro no muy lejano sería necesaria la aplicación de materiales no convencionales.



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

PASQUEL CARVAJAL E. (2000). "Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú". Edit. Capítulo de Ing. Civil. Consejo Dptal Lima.

RIVVA LOPEZ E. (1997) "Tecnología del Concreto" Edit. P. A. Ing. Civil UNI Lima.

ASOCEM (1995) (Asociación de Productores de cemento – Lima) "Cemento" Boletines Técnicos. 01 a 42.

BIONDY SHAW A. (1993) "Tecnología del Concreto" Copia UNI – Lima.

CASSINELLO PEREZ F. (1995). "Construcciones Hormigonera" Edit. Rueda – Madrid.

CARRILLO FRANCISCO. (1974). "La Tesis Universitaria" Ed. UMSM

MURDOCK L. J. (2001) "Elaboración de Concreto y sus aplicaciones" Edit. Continental S. A. México.

NENA FERRES, M. (1980). "efectos de las Puzolanas en el Concreto Fresco". Revista IMCYC. Vol. 18, N° 112. México, D. F.

REGAL A. (1998). "Materiales de Construcción" Edit UNI – Lima.

STAFF-PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (1987) "Proyecto y Control de Mezclas de Concreto" Edit. Limusa-México.

TESIS PROFESIONAL - LICENCIADO EN INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN
- PABLO DE JESÚS MÁRQUEZ PICHARDO - MÉXICO, D.F. 2000

<http://civilgeeks.com/>

<http://tectonicablog.com>



Universidad de Sonora – México. Biblioteca digital-tesis-docs-2702- Capitulo1

[https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_de_base_\(investigaci%C3%B3n_cient%C3%ADfica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADnea_de_base_(investigaci%C3%B3n_cient%C3%ADfica))

Carlos A. Toledo. (2004) “La producción de alta resistencia en el uso de aditivos”
UANCV – Juliaca

LINDA A. ALVARES. (2013) “Diseño De Concreto Poroso De Resistencia Para Pavimentos” UANCV – Juliaca

Oscar Zela (2010) “Propuesta Para La Producción De Concreto Ligero Y Concreto Pesado En La Ciudad De Juliaca” UANCV – Juliaca

Walter Panca – Eduardo Pascaja (2013) “Variación Del Módulo De Fineza De Un Agregado Y Su Incidencia En La Resistencia Del Concreto” UANCV – Juliaca.



ANEXOS



Anexo 1: Matriz de Consistencia

TIULO: ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Pregunta general:</p> <p>¿Qué efecto tiene la incorporación de aditivos y el uso de piedra pómez en la composición estructural del concreto de resistencia liviana a media que se produce en la zona de Puno utilizando componentes no convencionales?</p> <p>Preguntas específicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> ¿Cuándo se introducen aditivos al concreto liviano, ¿qué tipo de impacto tendrá esto en el desempeño final del concreto? La piedra pómez tiene ciertos atributos físicos y mecánicos que pueden usarse en la fabricación de concreto. ¿Cuál es la resistencia máxima que se puede lograr con el concreto liviano creado con piedra pómez y que no incluye otras sustancias? 	<p>Objetivo general:</p> <p>Diseñar un concreto liviano de resistencia media incluyendo aditivos y utilizando piedra pómez como material no convencional en la zona de Puno</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> Examinar el impacto sobre las propiedades mecánicas, la resistencia química y la trabajabilidad del concreto cuando se incluyen aditivos y piedra pómez. Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la piedra pómez que se utilizará en la fabricación de concreto liviano y moderadamente resistente. Calcular el mayor nivel de resistencia que presenta el hormigón ligero al incluir piedra pómez 	<p>Hipótesis general:</p> <p>Las cualidades físico-mecánicas del hormigón ligero de resistencia media se pueden mejorar incluyendo aditivos y utilizando piedra pómez en su construcción</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> El uso de aditivos mejora la resistencia mecánica, la durabilidad química y la trabajabilidad del hormigón. Las propiedades mecánicas y físicas (como el bajo peso específico, las propiedades acústicas y las propiedades térmicas) de la piedra pómez reducirán efectivamente el peso específico y mejorarán el rendimiento térmico y acústico del hormigón. Utilizando piedra pómez y evitando la inclusión de aditivos, es posible obtener el nivel deseado de resistencia de diseño 	<p>Variable independiente:</p> <p>Diseño de concreto ligero</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Propiedades físico – mecánicas del concreto ligero de resistencia media</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Propiedades mecánicas de los materiales. – Relación agua cemento. – Diseño de mezclas. – Calidad de los materiales. – Piedra pómez – Resistencia a la compresión. – Durabilidad. – Trabajabilidad. – Asentamiento 	<p>Tipo: descriptivo</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Método: Deductivo</p> <p>Población: La zona de Puno cuenta con canteras de materiales livianos, incluida la Provincia de San Antonio de Putina en el distrito de Putina, que se encuentra en el límite de Puno y Cusco. Además, se encuentra la cantera a cielo abierto La Raya en la Provincia de Melgar, y los Centros Poblados de Loricongo y Titiri en la provincia de Laraqueri.</p> <p>Muestra: La cantera Laraqueri se encuentra a 5,68 kilómetros al noroeste de la población metropolitana, a una altura de 4221 metros sobre el nivel del mar. También se ubica a 2,4 km a la izquierda de la carretera interoceánica.</p>

ANEXO 02

TABLAS PARA DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

HIDRÁULICO – ACI

Tabla 1: Volumen Unitario De Aire

Asentamiento	Agua en 1/m ³ , para los tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concretos con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Tabla 2: Volumen Unitario De Agua.

Volumen Unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los Asentamiento y perfiles de agregado grueso indicados.					
1" a 2"		3" a 3"		6" a 7"	
Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
185	212	201	227	230	250
182	201	197	216	219	238
170	189	185	204	208	227
163	182	178	197	197	216
155	170	170	185	185	204
148	163	163	178	178	197
136	151	151	167	163	182

Tabla 3: Contenido De Aire Atrapado.

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	a. %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
6"	0.2 %

Tabla 4: Contenido De Aire Incorporado Y Total

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	Contenido de aire Total en %		
	Exposicion Suave	Exposicion Moderada	Exposicion Severa
3/8"	4.5	6.0	7.5
1/2"	4.0	5.5	7.0
3/4"	3.5	5.0	6.0
1"	3.0	4.5	6.0
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2.0	4.0	5.0
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1.0	3.0	4.0

Tabla 5: Relación Agua-Cemento Por Resistencia

f'cr (28 dias)	Relacion agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

Tabla 6: Condiciones Especiales De Exposición

Condiciones de Exposición	Relacion W/C maxima en concretos en agregados de peso normal	Resistencia en compresion minima en concreto con agregados livianos
Concretos de baja permeabilidad.		
a. Expuesto a agua dulce.....	0.50	260
b. Expuesto a agua de mar o aguas soladas.....	0.45	
c. Expuesto a la accion de aguas cloacales....	0.45	
Concretos expuestos a procesos de congelacion y deshielo en condicion humeda.		300
d. Sardineles, cunetas, secciones delgadas.....	0.45	
e. Otros elementos.....	0.5	
Proteccion contra la corrosion de concreto expuesto a la accion de agua de mar, aguas solobres, neblina o rocio de estas aguas.....	0.4	325
Si el recubrimiento minimo se incrementa en 15 mm.....	0.45	300

Tabla 7: Concreto Expuesto A Soluciones De Sulfatos

Exposicion a sulfatos	Sulfato soluble en agua presente en el suelo como SO ₄ % en peso	Sulfato en agua como SO ₄ ppm	Cemento Tipo	Relacion W/C maxima en peso en concretos con agregado de peso normal
Despreciable	0.0 – 0.10	0 – 150	-	-
Moderada	0.10 – 0.20	150 – 1500	II – IP – IPM	0.5
Severa	0.20 – 2.00	1500 – 10000	V	0.45
Muy Severa	Sobre 2.00	Sobre 10000	V + puzolana	0.45

Tabla 8: Contenido Máximo De Ion Cloruro

ELEMENTO	Máximo ion cloruro soluble en el agua en el concreto, expresado como % en peso del cemento
• Concreto presentado.....	0.06
• Concreto armado expuesto a la acción de cloruros.....	0.15
• Concreto armado que deberá estar seco o protegido de la humedad durante su vida.....	1.00
• Otras construcciones de concreto armado	0.30

Tabla 9: Peso Del Agregado Grueso Por Unidad De Volumen Del Concreto

Tamaño Maximo nominal del Agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos modulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ½"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 10: Modulo De Fineza De La Combinación De Agregados

Tabla 11: Porcentaje De Agregado Fino

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Agregado Redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por m ³				Factor cemento expresado en sacos por m ³			
	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino – Modulo de Fineza de 2.3 a 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 ½"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
Agregado Fino – Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 ½"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
Agregado Fino – Modulo de Fineza de 3.0 a 3.1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 ½"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Modulo de fineza de la cobinacion de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos / metro cubico indicados			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 ½"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39



Tabla 12: Tabla De Temperaturas

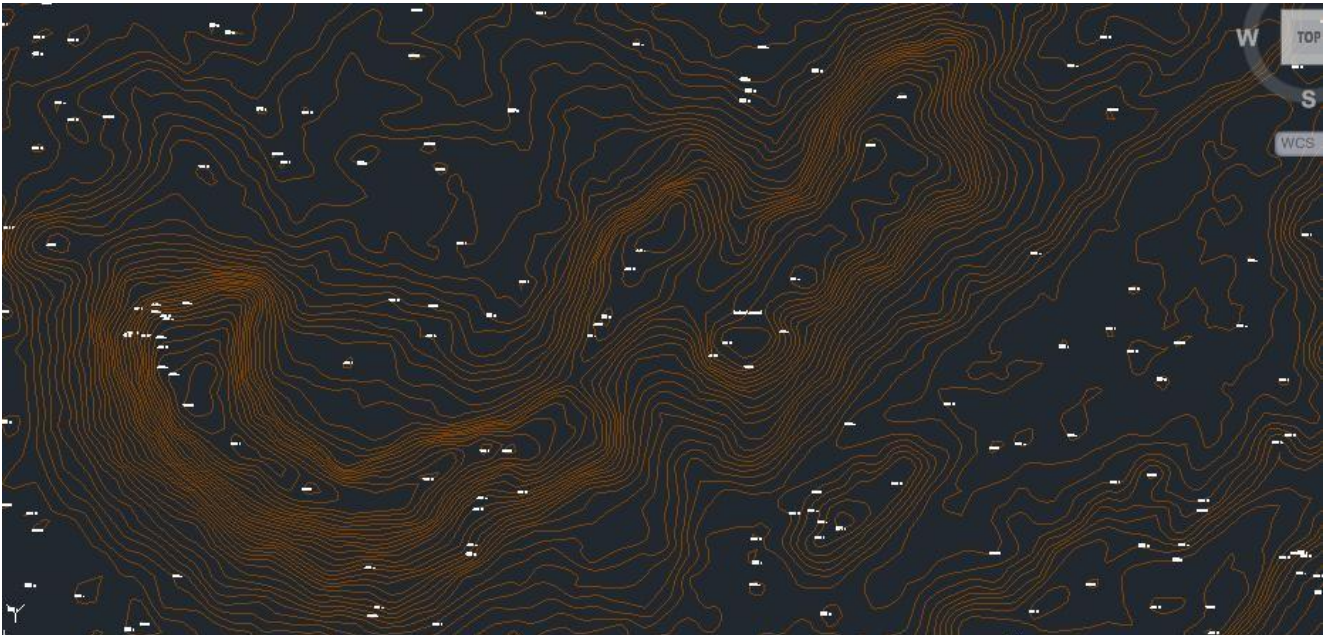
METODO	FECHA	TIEMPO HORA	TEMP. AMBIENTE	TEMP. HUMEDAD	TEMP. C°FRESCO	F°c DE DISEÑO kg/cm2	AGUA
COMITÉ 211 ACI	25/05/2012	08: 00 am	10.5°C	8°C	13.6°C	210	7°C
		12:00 m.	12°C	11.5°C			9°C
		05:00 p.m.	10°C	11.5°C			8°C
WALKER	07/06/2012	08: 00 am	8°C	9°C	10.9°C	210	5°C
		12:00 m.	11°C	10.5°C			7°C
		05:00 p.m.	10°C	9.5°C			6°C
MODULO DE FINEZA	13/06/2012	08: 00 am	9.5°C	11°C	10.6°C	210	6°C
		12:00 m.	12.5°C	12°C			8°C
		05:00 p.m.	8°C	10°C			7°C

ANEXO 03

ESTIMACION DE VOLUMEN DE MATERIAL DE CANTERA

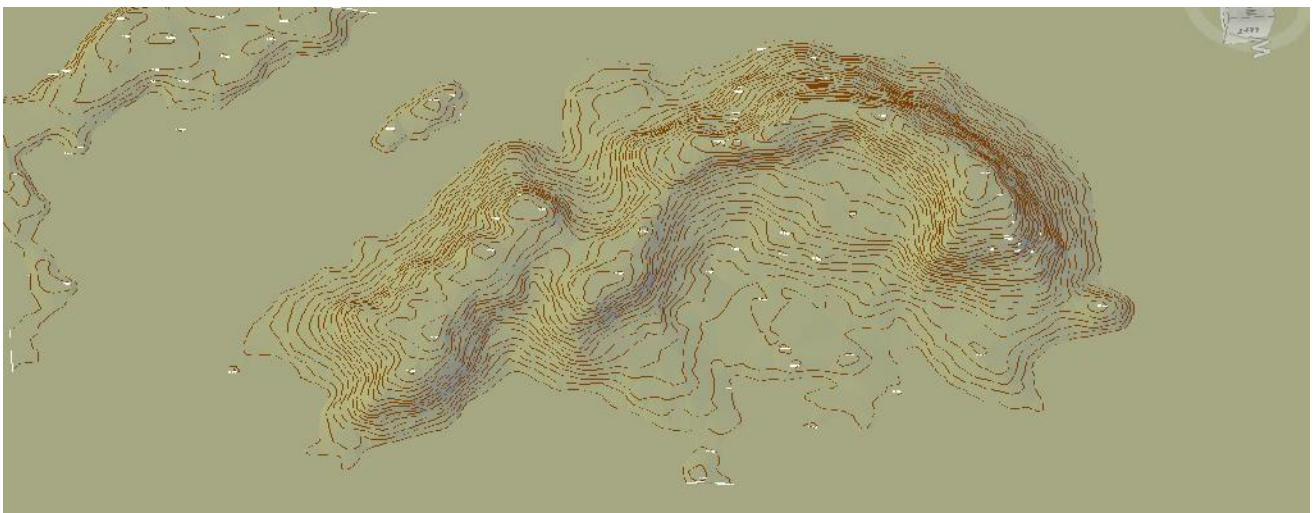
LARAQUERI

Imagen 1: Curvas de Nivel



En la fotografía se muestra la topografía de la cantera Laraqueri, respectivamente consus curvas de nivel.

Imagen 2: Vista de Cantera en la Actualidad



En fotografía se muestra la situación actual de la cantera Laraqueri.

Imagen 3: Vista de Cantera después de la Posible Explotación



En la fotografía se muestra la posible situación de la Cantera Laraqueri después de ser explotada que tiene un volumen de 2.7 millones de cubos aproximadamente, así mismocabe mencionar que la potencia real de la cantera será estimada con más estudios, sin embargo, podría realizarse sondeos a profundidades mayores con respecto a la superficie para determinar si el material sigue siendo homogéneo en su profundidad.

ANEXO N° 04

PANEL FOTOGRAFICO

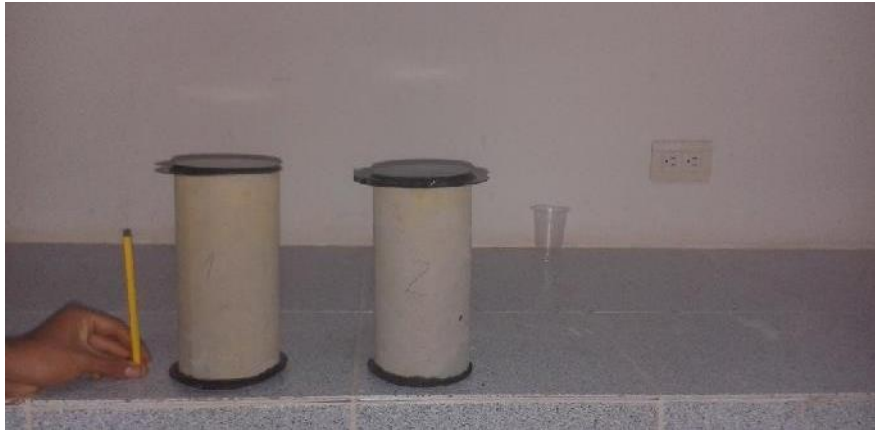
Fotografía 1: Cantera Laraqueri



Fotografía 2: Piedra Pómez para triturar



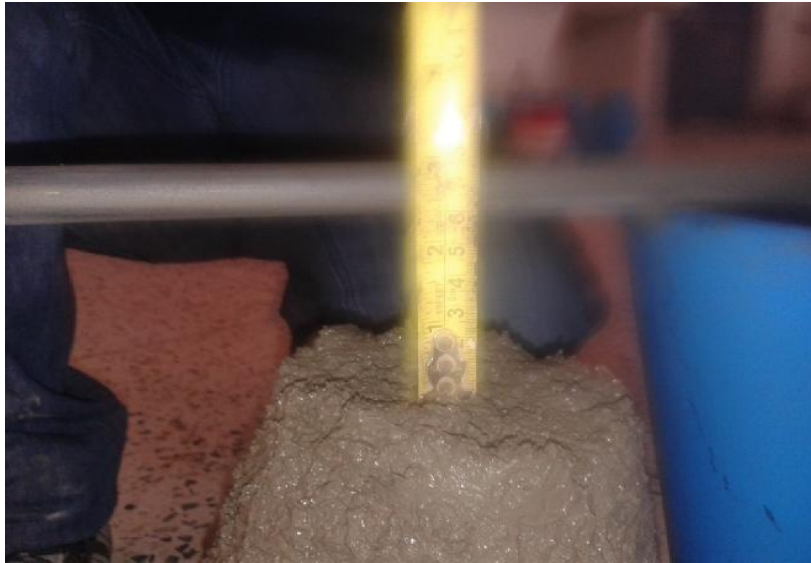
Fotografía 3: Probetas de Concreto



Fotografía 4: Pesado de Probetas



Fotografía 5: Ensayo de Revenimiento



Fotografía 6: Ensayo de Revenimiento sin Aditivo



Fotografía 7: Ensayo de Pesos Específico



Fotografía 8: Saturación de Agregado Grueso



Fotografía 9: Cuantificando Agregados



Fotografía 10: Fraguado de Lechada



Fotografía 11: Pesado de Muestras



Fotografía 12: Agregado Grueso Según Su Tamaño





ANEXO Nº 05

CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

MUESTRA : GRAVA - ARENA

FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2023

MUESTRA : ARENA	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	317.20
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	293.70
PESO DEL TARRO (gr.)	35.70
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	281.50
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	258.00
PESO DEL AGUA (gr.)	23.50
% HUMEDAD	9.11

MUESTRA : GRAVA	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	424.50
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	419.60
PESO DEL TARRO (gr.)	48.10
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	376.40
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	371.50
PESO DEL AGUA (gr.)	4.90
% HUMEDAD	1.32

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.


 UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 MGR. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

MUESTRA : GRAVA PIEDRA POMEZA

FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2023

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7960 gr	7960 gr	7960 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	12761.00 gr	12773.00 gr	12762.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4801.00 gr	4813.00 gr	4802.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.478 gr/cm ³	1.481 gr/cm ³	1.478 gr/cm ³
PROMEDIO	1.479 gr/cm ³		

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7960 gr	7960 gr	7960 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	13070.00 gr	13082.00 gr	13066.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5110.00 gr	5122.00 gr	5106.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.573 gr/cm ³	1.576 gr/cm ³	1.571 gr/cm ³
PROMEDIO	1.573 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV FICP
INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA

Mtro. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297437



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

MUESTRA : ARENA

FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2023

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5970 gr	5970 gr	5970 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9182.00 gr	9209.00 gr	9187.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3212.00 gr	3239.00 gr	3217.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.530 gr/cm ³	1.543 gr/cm ³	1.532 gr/cm ³
PROMEDIO	1.535 gr/cm ³		

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5970 gr	5970 gr	5970 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9395.00 gr	9406.00 gr	9415.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3425.00 gr	3436.00 gr	3445.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.631 gr/cm ³	1.637 gr/cm ³	1.641 gr/cm ³
PROMEDIO	1.636 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE


 UANCV - EICE
 CAP INGENIERÍA CIVIL

 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

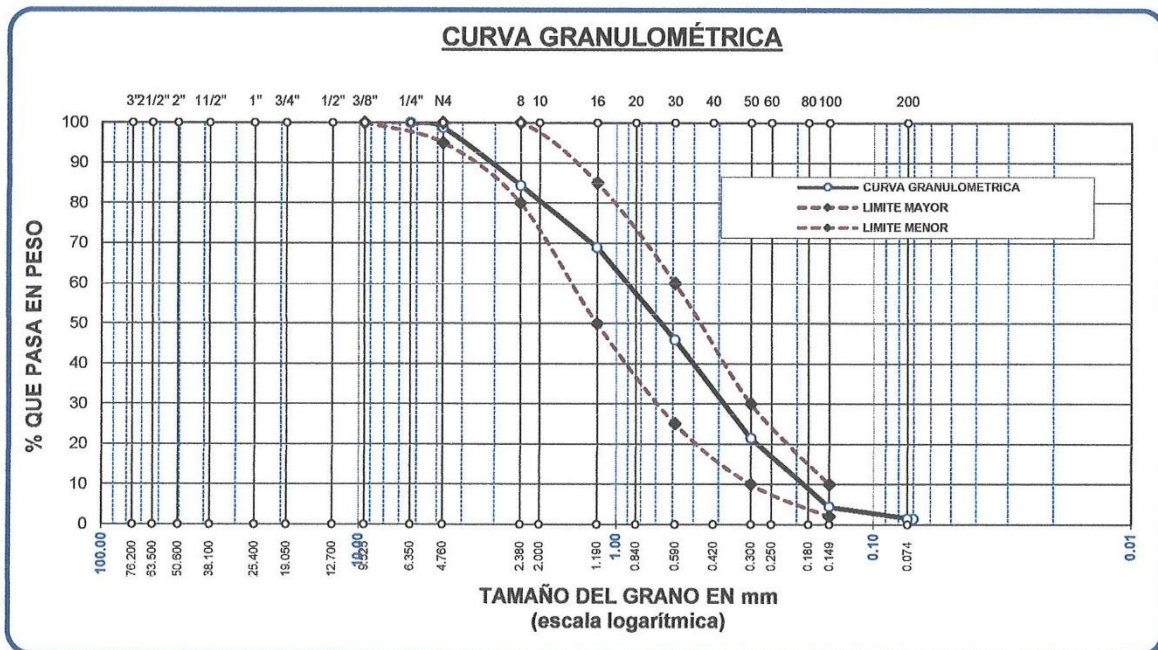
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

MUESTRA : ARENA

FECHA : 21 DE AGOSTO 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.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	6.18	1.24	1.24	98.76	80 - 100 %	Módulo de Fineza = 2.76
No8	2.380	72.10	14.42	15.66	84.34		
No10	2.000						
No16	1.190	77.10	15.42	31.08	68.92	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	115.10	23.02	54.10	45.90	25 - 60 %	
No40	0.420						
No 50	0.300	122.50	24.50	78.60	21.40	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	85.10	17.02	95.62	4.38	2-10%	
No200	0.074	15.06	3.01	98.63	1.37		
BASE		6.86	1.37	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		1.37					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S. DE INVESTIGACIÓN
 JEFATURA
 MSc. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

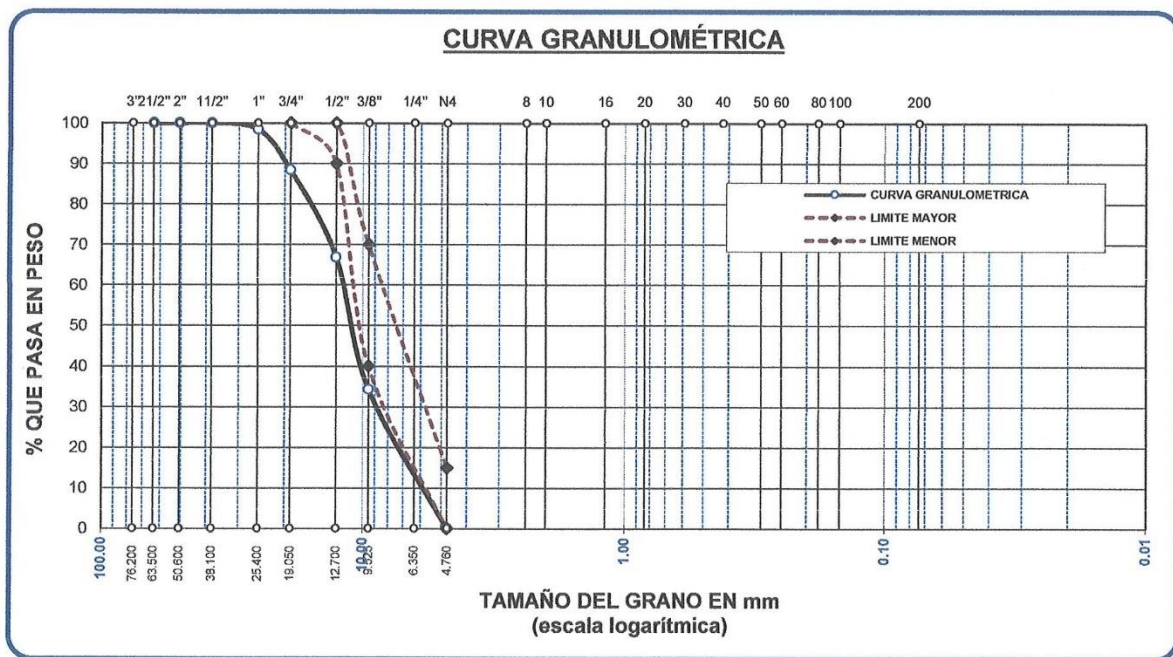
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

MUESTRA : GRAVA - PIEDRA POMEZ

FECHA : 21 DE AGOSTO 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 "
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	55.00	1.57	1.57	98.43		
3/4"	19.050	350.00	10.00	11.57	88.43	100 %	
1/2"	12.700	752.00	21.49	33.06	66.94	90 - 100 %	
3/8"	9.525	1143.00	32.66	65.71	34.29	40 - 70 %	
1/4"	6.350						
No4	4.760	1200.00	34.29	100.00	0.00	0 - 15 %	
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		OBSERVACIONES:
TOTAL		3500.00	100.00				
% PÉRDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP
 CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JEFATURA
 MSc. ARNALDO YANATORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

CANTERA : GRAVA PIEDRA POMEZ - ARENA CANTERA UNOCOLLA

LUGAR : CARRETERA JULIACA - LAMPA

FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2023

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

ARENA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ref. 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>484.18</u>
N° 4	6.18	1.24	1.24	98.76	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
N° 8	72.10	14.42	15.66	84.34	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.65</u>
N° 16	77.10	15.42	31.08	68.92	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1617.17</u>
N° 30	115.10	23.02	54.10	45.90	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	122.50	24.50	78.60	21.40	Wc+B =	<u>1814</u> Wc+B-W = <u>196</u>
N° 100	85.10	17.02	95.62	4.38	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{500.00}{1617.17-1814} = 2.54 \text{ gr/cm}^3$
N° 200	15.06	3.01	98.63	1.37	ABSORCIÓN	
FONDO	6.86	1.37	100.00	0.00	B =	<u>500.00</u> B-A = <u>15.82</u>
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{15.82 \times 100}{500} = 3.27 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA					2.76	

GRAVA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ref. 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>781.27</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>800.00</u>
1"	55	1.38	1.38	98.63	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.65</u>
3/4"	350	8.75	10.13	89.88	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1794.95</u>
1/2"	752	18.80	28.93	71.08	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	1143	28.58	57.50	42.50	Wc+B =	<u>2114</u> Wc+B-W = <u>319</u>
1/4"					Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800.00}{1794.95-2114} = 2.51 \text{ gr/cm}^3$
N° 4	1200	30.00	87.50	12.50	ABSORCIÓN	
FONDO	0.00	0.00	87.50	12.50	B =	<u>800.00</u> B-A = <u>18.73</u>
SUMA	3500.00	87.50			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{18.73 \times 100}{800} = 2.40 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

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

UANCV - PICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JEFEATURA
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



DISEÑO DE MEZCLA F'c = 350 Kg./cm.²

TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

CANTERA : GRAVA PIEDRA POMEZ - ARENA CANTERA UNOCOLLA

UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA

FECHA : 21 DE AGOSTO DEL 2023

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
 ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = **350 Kg./cm.²** a los 28 días
 entonces la resistencia promedio F'cr = **434 Kg./cm.²**

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: **3/4"** (19.05mm)

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	2.54
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1573	1636
P.U. Suelto	1479	1535
% de Absorción	2.40	3.27
% de Humedad Natural	1.32	9.11
Modulo de Fineza	-	2.76

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- 1, El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- 2, Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal 3/4" (19.05mm)
- 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: **205 Lt/m3**
- 4, Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: **2.0 %**
- 5, Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: **0.40**
- 6, De acuerdo a la información obtenida en los items 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.40) = 518 \text{ Kg/m}^3$$


 UANCV EICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C. A. JEFATURA JULIACA
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297437



- 7, De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 2.76 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1573 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.554 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.5537) * (1573) = 871 \text{ Kg/m}^3$$

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

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

Volúmen absoluto de agua	= (205) / (1000)	= 0.205
Volúmen absoluto de cemento	= (518) / (2.88 * 1000)	= 0.180
Volúmen absoluto de agregado grueso	= (871) / (2.51 * 1000)	= 0.347
Volúmen de aire atrapado	= (2.0) / (100)	= 0.020
Volúmen sub total	=	<u>0.752</u>

Volúmen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de:} = (1.000 - 0.752) = 0.248 \text{ m}^3$$

$$(0.248) * (2.54) * 1000 = 632 \text{ Kg/m}^3$$

- 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:

$$\text{Agregado grueso húmedo (871) * (1.01319) = 883 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo (632) * (1.0911) = 689 \text{ Kg.}$$

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

$$205 - 871 * (\frac{1.32 - 2.4}{100}) - 632 (\frac{9.11 - 3.27}{100}) = 178$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	518	1.00	518	1.00
Agua	205	0.396	178	0.34
Agreg. Grueso	871	1.68	883	1.71
Agreg. Fino	632	1.22	689	1.33
Aire	2.0 %		2.0 %	

12.18 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	:	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	:	56.57 Kg.
Agregado grueso húmedo	:	72.47 Kg.
Agua efectiva	:	14.57 Kg.



UANCV - FICP
CAPITANÍA DE INGENIERÍA CIVIL
Mtro. ARNALDO YANA TORRES
CIP 104257

B. N° 006-00297437



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento:	Redondeo
- 1.30 p3 de Arena	1.3 p3 de Arena
- 1.73 p3 de Grava	1.7 p3 de Grava
- 15 Lt de Agua	15 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 deberá de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES:

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


UANCV / IIGP
CAP. INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFEATURA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU
JULIACA, PERU
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
OIP 103257

B. N° 006-00297437



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

MUESTRA : PROPUESTA I

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 28 DE SETIEMBRE DEL 2023

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA SIN ADITIVOS

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 14.85 x 30.0 cm M-1	90969.84	14.85	173.2	525.23	350	31/08/2023	28/09/2023	28	150.07%	
2	PROBETA DE PRUEBA 15.10 x 30.0 cm M-2	95342.19	15.10	179.1	532.40	350	31/08/2023	28/09/2023	28	152.11%	
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-3	94753.18	15.04	177.66	533.34	350	31/08/2023	28/09/2023	28	152.38%	
4	PROBETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm M-4	93358.26	14.85	173.2	539.02	350	31/08/2023	28/09/2023	28	154.01%	
					PROMEDIO kg/cm2	532.50					

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 2% DE SIKA FUME Y 91.95 MI DE EUCO 537

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 14.86 x 30.0 cm M-1	111404.49	14.86	173.4	642.36	350	31/08/2023	28/09/2023	28	183.53%	
2	PROBETA DE PRUEBA 14.83 x 30.0 cm M-2	110115.38	14.83	172.7	637.50	350	31/08/2023	28/09/2023	28	182.14%	
3	PROBETA DE PRUEBA 14.92 x 30.0 cm M-3	111146.42	14.92	174.8	635.74	350	31/08/2023	28/09/2023	28	181.64%	
4	PROBETA DE PRUEBA 14.77 x 30.0 cm M-4	110188.75	14.77	171.3	643.10	350	31/08/2023	28/09/2023	28	183.74%	
					PROMEDIO kg/cm2	639.68					

OBSERVACIONES:

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

UANCV - PROF.
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
JEFATURA
Mgtr. ARNALDO YANATORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297437



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

MUESTRA : PROPUESTA II

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 28 DE SETIEMBRE DEL 2023

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA SIN ADITIVOS

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 14.88 x 30.0 cm M-1	89575.89	14.88	173.9	515.10	350	31/08/2023	28/09/2023	28	147.17%	
2	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-2	92546.34	15.02	177.2	522.30	350	31/08/2023	28/09/2023	28	149.23%	
3	PROBETA DE PRUEBA 14.95 x 30.0 cm M-3	92878.21	14.95	175.54	529.10	350	31/08/2023	28/09/2023	28	151.17%	
4	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-4	94420.52	15.01	177	533.60	350	31/08/2023	28/09/2023	28	152.46%	
					PROMEDIO kg/cm2	525.03					

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 4% DE SIKA FUME Y 91.95 MI DE EUCCO 537

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 14.77 x 30.0 cm M-1	118250.30	14.77	171.3	690.15	350	31/08/2023	28/09/2023	28	197.19%	
2	PROBETA DE PRUEBA 15.16 x 30.0 cm M-2	130999.68	15.16	180.5	725.76	350	31/08/2023	28/09/2023	28	207.36%	
3	PROBETA DE PRUEBA 14.92 x 30.0 cm M-3	123587.33	14.92	174.8	706.90	350	31/08/2023	28/09/2023	28	201.97%	
4	PROBETA DE PRUEBA 14.77 x 30.0 cm M-4	125297.52	14.77	171.3	731.28	350	31/08/2023	28/09/2023	28	208.94%	
					PROMEDIO kg/cm2	713.52					

OBSERVACIONES:

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

UANCV - EICP
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
Mojib. ARNALDO YANATORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297437



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

MUESTRA : PROPUESTA III

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 28 DE SETIEMBRE DEL 2023

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA SIN ADITIVOS

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-1	92059.06	15.02	177.2	519.55	350	31/08/2023	28/09/2023	28	148.44%	
2	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-2	93270.35	15.01	177	527.10	350	31/08/2023	28/09/2023	28	150.60%	
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-3	92613.09	15.05	177.89	520.62	350	31/08/2023	28/09/2023	28	148.75%	
4	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-4	93126.36	15.06	178.1	522.80	350	31/08/2023	28/09/2023	28	149.37%	
					PROMEDIO kg/cm ²	522.52					

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 6% DE SIKA FUME Y 91.95 MI DE EUCCO 537

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	PROBETA DE PRUEBA 14.84 x 30.0 cm M-1	124529.47	14.84	173	719.99	350	31/08/2023	28/09/2023	28	205.71%	
2	PROBETA DE PRUEBA 15.16 x 30.0 cm M-2	129828.24	15.16	180.5	719.27	350	31/08/2023	28/09/2023	28	205.51%	
3	PROBETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm M-3	127367.82	14.85	173.2	735.38	350	31/08/2023	28/09/2023	28	210.11%	
4	PROBETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm M-4	123048.16	14.88	173.9	707.58	350	31/08/2023	28/09/2023	28	202.17%	
					PROMEDIO kg/cm ²	720.56					

OBSERVACIONES:

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

UANCV
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO M.B.C.
JEFATURA
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIF 103257

B. N° 006-00297437



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL
EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

MUESTRA : PROPUESTA IV

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 28 DE SETIEMBRE DEL 2023

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA SIN ADITIVOS

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	93943.71	15.05	177.9	528.10	350	31/08/2023	28/09/2023	28	150.89%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm	91838.66	14.98	176.2	521.10	350	31/08/2023	28/09/2023	28	148.89%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	91776.89	15.01	176.95	518.66	350	31/08/2023	28/09/2023	28	148.19%
	M-3									
4	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	93606.79	15.03	177.4	527.60	350	31/08/2023	28/09/2023	28	150.74%
	M-4									
PROMEDIO kg/cm2					523.87					

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 8% DE SIKA FUME Y 91.95 MI DE EUCCO 537

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 14.84 x 30.0 cm	137037.94	14.84	173	792.31	350	31/08/2023	28/09/2023	28	226.37%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.16 x 30.0 cm	143235.78	15.16	180.5	793.55	350	31/08/2023	28/09/2023	28	226.73%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm	137493.09	14.85	173.2	793.84	350	31/08/2023	28/09/2023	28	226.81%
	M-3									
4	PROBETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm	137947.91	14.88	173.9	793.26	350	31/08/2023	28/09/2023	28	226.65%
	M-4									
PROMEDIO kg/cm2					793.24					

OBSERVACIONES:

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

UANCV - FIP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297437



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

MUESTRA : PROPUESTA V

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 28 DE SETIEMBRE DEL 2023

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA SIN ADITIVOS

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 15.02 x 30.0 cm	92447.11	15.02	177.2	521.74	350	31/08/2023	28/09/2023	28	149.07%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	93486.22	15.01	177	528.32	350	31/08/2023	28/09/2023	28	150.95%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm	95117.59	15.07	178.37	533.26	350	31/08/2023	28/09/2023	28	152.36%
	M-3									
4	PROBETA DE PRUEBA 14.95 x 30.0 cm	91377.35	14.95	175.5	520.55	350	31/08/2023	28/09/2023	28	148.73%
	M-4									
PROMEDIO kg/cm2					525.97					

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 8% DE SIKA FUME Y 91.95 MI DE EUCCO 537

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 14.84 x 30.0 cm	146971.03	14.84	173	849.74	350	31/08/2023	28/09/2023	28	242.78%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.16 x 30.0 cm	153679.51	15.16	180.5	851.41	350	31/08/2023	28/09/2023	28	243.26%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 14.85 x 30.0 cm	147181.90	14.85	173.2	849.78	350	31/08/2023	28/09/2023	28	242.79%
	M-3									
4	PROBETA DE PRUEBA 14.88 x 30.0 cm	148628.85	14.88	173.9	854.68	350	31/08/2023	28/09/2023	28	244.19%
	M-4									
PROMEDIO kg/cm2					851.40					

OBSERVACIONES:

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

UANCV - FICP
CAP. INGENIERÍA CIVIL

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

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297437



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONCRETO LIGERO DE RESISTENCIA MEDIA ELABORADO CON AGREGADO NO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. JULIO ANDERSON MAMANI TIPULA

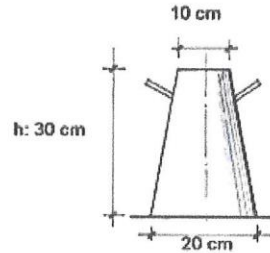
MUESTRA : SIN ADITIVO Y CON ADITIVOS

FECHA : 30 DE JUNIO DEL 2024

PROCESO DEL ENSAYO	
CAPAS	N° DE GOLPES
1	25
2	25
3	25

CONSISTENCIA EN CONO	
CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO (cm)
SECA	0 - 5.08
PLÁSTICA	7.62 - 10.16
FLUIDA	≥ 12.7

DIMENSIONES DEL MOLDE



N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
1	1/09/2023	PATRÓN	6.90	SECA	12.50°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
1	1/09/2023	4% SIKA Y EURO	7.60	PLASTICA	15

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
2	1/09/2023	PATRÓN	7.10	SECA	13.5

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
2	1/09/2023	4% SIKA Y EURO	7.70	PLASTICA	15.2

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
1	1/09/2023	PATRÓN	9.50	PLASTICA	14.2

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
1	1/09/2023	6% SIKA Y EURO	6.70	SECA	15

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
2	1/09/2023	PATRÓN	9.70	PLASTICA	14

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
2	1/09/2023	6% SIKA Y EURO	6.85	SECA	14.1

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
1	1/09/2023	2% SIKA Y EURO	8.20	PLASTICA	14.2

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
1	1/09/2023	8% SIKA Y EURO	6.25	SECA	14.3

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
2	1/09/2023	2% SIKA Y EURO	8.10	PLASTICA	13.9

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (cm)		
2	30/06/2024	8% SIKA Y EURO	6.40	SECA	14.3

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON REALIZADAS POR EL SOLICITANTE

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 109257

B. N° 006-00297437



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 02/10/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Julio Anderson Mamani Tipola

Dirección: Calle Chauvin de Huantar 503. Urb 13 de Enero

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70155920

Teléfono: 922 450 822 email: anderson.tipola.97@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras

Escuela Profesional o Mención: Ingeniería 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: Análisis y diseño de concreto ligero de resistencia media elaborado con agregado no convencional en la región de Puno

Palabras claves, (3 a 5 términos): Concreto, Aditivo, Piedra pomez, resistencia

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



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 P-17

Firma de Autor



huella digital

02 de Octubre del 2024

Fecha