UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley Nº 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

HUANCAVELICA

TESIS

"INFLUENCIA DEL AGUA TERMAL SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO, HUANCAVELICA"

LINEA DE INVESTIGACION:

TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES

PRESENTADO POR:

Bach. UNTIVEROS LEÓN, Tobias Edverson

Bach. SALVATIERRA DE LA CRUZ, Jhonsver Alfredo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAVELICA, PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditórium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 09 días del mes de agosto del año 2022, a horas 5:00 p.m., se reunieron los miembros del jurado calificador conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : **M.Sc. Iván Arturo AYALA BIZARRO**
https://orcid.org/0000-0002-6906-4120
DNI N° 42470714

SECRETARIO : **M.Sc. Marco Antonio LÓPEZ BARRANTES**
https://orcid.org/0000-0002-7481-650X
DNI N° 21441702

ASESOR : **Arq. Abdón Dante OLIVERA QUINTANILLA**
https://orcid.org/0000-0003-0247-7737
DNI N° 19878788

Designados con la Resolución de Decano Nº 147-2022-FCI-UNH, de fecha 15 de julio del 2022, a fin de proceder el acto académico de evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "INFLUENCIA DEL AGUA TERMAL SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO, HUANCAVELICA", presentado por los Bachilleres **Tobias Edverson UNTIVEROS LEÓN con DNI N° 70754429 y Jhonsver Alfredo SALVATIERRA DE LA CRUZ con DNI N° 74714537;** a fin de optar el Título **Profesional de Ingeniero Civil**; Finalizado la evaluación a horas 6:15 p.m se invitó al público presente y a los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los jurados, se llegó al siguiente resultado:

Bach. Tobias Edverson UNTIVEROS LEÓN

APROBADO [X] POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO [ ] POR.....

Bach. Jhonsver Alfredo SALVATIERRA DE LA CRUZ

APROBADO [X] POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO [ ] POR .....

En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Asesor

V° B° Decano

Título

"INFLUENCIA DEL AGUA TERMAL SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO, HUANCAVELICA"

Autores

Bach. UNTIVEROS LEON, Tobias Edverson

Bach. SALVATIERRA DE LA CRUZ, Jhonsver Alfredo

Asesor

ARQ. OLIVERA QUINTANILLA, Abdón Dante

Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0247-7737

DNI: 19878788

Agradecimiento

Gracias a Dios por darnos la vida, guiarnos en nuestras vidas y hacer realidad esta investigación.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Huancavelica de la Universidad Nacional de Huancavelica, por acogernos en sus aulas y brindarnos las enseñanzas, también por permitirnos hacer los ensayos en su laboratorio de tecnología de materiales y concreto de nuestro trabajo de investigación.

Al Programa 066 de Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de Huancavelica, por el apoyo económico con el financiamiento del proyecto.

Al grupo de investigación "INTERFACULTATIVO SAECOZ" de la Universidad Nacional de Huancavelica, por su apoyo académico en la realización de este proyecto.

Tabla de contenido

Portada.....i
Acta de sustentación.....ii
Título..... iii
Autores.....iv
Asesor.....v
Agradecimiento.....vi
Tabla de contenido.....vii
Tabla de contenidos de cuadros.....xii
Tabla de contenidos de gráficos y figuras.....xiv
Tabla de contenidos de apéndice.....xv
Resumen.....xvi
Abstract..... xviii
Introducción.....xx
CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....22
1.1. Descripción y formulación del problema.....22
1.1.1. Problema general.....22
1.1.2. Problemas específicos.....22
1.2. Objetivos: general y especifico.....23
1.2.1. Objetivo general.....23
1.2.2. Objetivos específicos.....23
1.3. Justificación e importancia.....23
1.4. Limitaciones.....24
1.4.1. Limitaciones económicas.....24
1.4.2. Limitaciones de instalaciones físicas.....24
1.5. Alcance.....24

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO 25
2.1. Antecedentes 25
2.1.1. A nivel internacional 25
2.1.2. A nivel nacional 26
2.1.3. A nivel local: 27
2.2. Bases teóricas 27
2.2.1. Concreto 27
2.2.1.1. Componentes del concreto 28
2.2.1.1.1. Cemento 28
2.2.1.1.2. Agua 32
2.2.1.1.3. Agregados 34
2.2.1.2. Propiedades físicas del concreto 36
2.2.1.2.1. Trabajabilidad 36
2.2.1.2.2. Asentamiento 37
2.2.1.2.3. Peso unitario 37
2.2.1.2.4. Compresión o resistencia mecánica 37
2.2.2. Aguas termales 38
2.2.3. Normativa para la reutilización de agua no potable 39
2.2.3.1. Utilización de agua no potable 40
2.2.4. Elementos dañinos del agua para el concreto 40
2.3. Conceptos generales o definición de términos. 42
2.4. Hipótesis 43
2.4.1. Hipótesis general 43
2.4.2. Hipótesis específicas: 43
2.5. Variables e indicadores 44
2.5.1. Variable dependiente 44
2.5.2. Variable independiente 44

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS 45
3.1. Tipo de investigación 45
3.2. Nivel de investigación 45
3.3. Método de investigación 46
3.4. Diseño de investigación 46
3.5. Población, muestra y muestreo. 47
3.5.1. Población 47
3.5.2. Muestra 47
3.5.3. Muestreo 48
3.6. Descripción y características de la zona de investigación 48
3.6.1. Geográficas 48
3.6.2. Temporal 49
3.6.3. Lugar y desarrollo de la investigación 49
3.7. Instrumentos, técnicas y norma 50
3.7.1. Instrumentos 51
3.7.2. Técnicas 51
3.7.3. Fuente o normativa aplicada 52
3.8. Recolección de los materiales 54
3.8.1. Obtención de los materiales 54
3.8.1.1. Agregados 54
3.8.1.2. Agua 55
3.8.1.2.1. Agua termal 56
3.8.1.2.2. Agua potable 57
3.8.1.3. Cemento 57
3.9. Estudio de propiedades físicas y mecánicas de los agregados 57
3.9.1. Material fino que pasa por el tamiz número 200 57
3.9.2. Tamaño máximo 58
3.9.3. Tamaño máximo nominal 58

3.9.4. Módulo de fineza 58
3.9.5. Análisis granulométrico o granulometría 59
3.9.6. Peso específico y absorción 60
3.9.6.1. Peso específico 60
3.9.6.2. Absorción 63
3.10. Diseño de mezclas 64
3.10.1. Diseño de mezcla para f'c 210 kg/cm2 - Método: ACI 65
3.11. Elaboración de probetas de concreto 69
3.11.1. Determinación de la cantidad de probetas 70
3.11.2. Elaboración del concreto 71
3.11.3. Curado 73
3.12. Ensayos en concreto fresco 74
3.12.1. Ensayo de asentamiento 74
3.12.2. Ensayo de peso unitario 76
3.13. Ensayo en concreto endurecido 80
3.13.1. Ensayo de peso unitario 80
3.13.2. Ensayo de resistencia 83
3.14. Técnicas de análisis y procesamiento de datos 88
CAPÍTULO IV
DISCUSIÓN DE RESULTADOS 89
4.1. Resultados de propiedades físicas y químicas del agua termal 89
4.1.1. Análisis de las propiedades del agua 89
4.2. Resultados de ensayos de laboratorio 90
4.2.1. Características de los agregados 90
4.2.2. Datos del cemento 94
4.3. Resultados del diseño de mezcla 95
4.4. Resultados de ensayos del concretos en estado fresco 96
4.4.1. Asentamiento 96
4.4.2. Peso unitario 97

4.5. Resultados de los ensayos del concreto en estado endurecido 98
4.5.1. Peso unitario 98
4.5.2. Resistencia a la compresión 98
4.5.2.1. Comportamiento con agua convencional. 99
4.5.2.2. Comportamiento con agua termal. 100
4.6. Discusión de materiales empleados para la fabricación del concreto 104
4.6.1. Discusión del agua 104
4.6.1.1. Agua potable 104
4.6.1.2. Agua termal 104
4.7. Discusión de diseño de mezclas 105
4.8. Discusión de resultados del concreto en estado fresco 105
4.8.1. Asentamiento 105
4.8.2. Peso unitario 106
4.9. Discusión de resultados del concreto en estado endurecido 106
4.9.1. Peso unitario 106
4.9.2. Resistencia a la compresión 106
Conclusiones 109
Recomendaciones 110
Referencias bibliográficas 111
Apéndice 114

Tabla de contenidos de cuadros

Tabla 1 Composición química del cemento 29
Tabla 2 Tipos de cemento 30
Tabla 3 Límites permisibles para el agua de mezcla y curado. 33
Tabla 4 Tolerancias de concentraciones de impurezas en el agua de mezcla. 34
Tabla 5 Clasificación de acuerdo a su temperatura. 39
Tabla 6 Clasificación de acuerdo a su composición mineral. 39
Tabla 7 Definición y operación de variables 44
Tabla 8 Cantidad o número de probetas cilíndricas 48
Tabla 9 Límite permisible de sustancias disueltas según MTC. 55
Tabla 10 Límite permisible de sustancias disueltas según NTP. 56
Tabla 11 Resistencia a la compresión promedio. 66
Tabla 12 Volumen unitario de agua de diseño. 66
Tabla 13 Contenido de aire atrapado 67
Tabla 14 Relación agua - cemento por resistencia 67
Tabla 15 Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto 68
Tabla 16 Formas de consistencia. 75
Tabla 17 Revenimientos recomendables. 75
Tabla 18 Peso unitario en kg/m3 de agua potable (control) 77
Tabla 19 Peso unitario en kg/m3 de 25% de agua termal 78
Tabla 20 Peso unitario en kg/m3 de 50% de agua termal 78
Tabla 21 Peso unitario en kg/m3 de 75% de agua termal 79
Tabla 22 Peso unitario en kg/m3 de 100% de agua termal 79
Tabla 23 Peso unitario en kg/m3 de agua potable (control) 81
Tabla 24 Peso unitario en kg/m3 de 25% de agua termal 81
Tabla 25 Peso unitario en kg/m3 de 50% de agua termal 82
Tabla 26 Peso unitario en kg/m3 de 75% de agua termal 82
Tabla 27 Peso unitario en kg/m3 de 100% de agua termal 83
Tabla 28 Resistencia a 7 días con diferente dosificación de agua termal 86

Tabla 29 Resistencia a 14 días con diferente dosificación de agua termal. 87
Tabla 30 Resistencia a 28 días con diferente dosificación de agua termal. 87
Tabla 31 Características físicas y químicas del agua termal. 89
Tabla 32 Material que pasa por el tamiz número 200 90
Tabla 33 Granulometría del agregado grueso 91
Tabla 34 Granulometría del agregado fino 91
Tabla 35 Módulo de finura del agregado fino 93
Tabla 36 Características físicas de los agregados 94
Tabla 37 Propiedades químicas, físicas y mecánicas del cemento 94
Tabla 38 Resumen de diseño de mezcla 95
Tabla 39 Dosificación de concretos en volumen por m³ de mezcla 96
Tabla 40 Resultado de asentamiento y trabajabilidad de las muestras. 96
Tabla 41 Resultados de peso unitario del concreto fresco 97
Tabla 42 Resultados de peso unitario del concreto endurecido de 7, 14 y 28 días. 98
Tabla 43 Valores promedios de la resistencia 102

Tabla de contenidos de gráficos y figuras

Figura 1 Ubicación y localización del proyecto.....50
Figura 2 Curva granulométrica del agregado grueso.....91
Figura 3 Curva granulométrica del agregado fino 92
Figura 4 Asentamiento del concreto 97
Figura 5 Comparación de resistencia obtenidas.....99
Figura 6 Resistencia promedio con 25% agua termal los días 7, 14 y 28.....100
Figura 7 Resistencia promedio con 50% agua termal los días 7, 14 y 28.....101
Figura 8 Resistencia promedio con 75% agua termal los días 7, 14 y 28.....101
Figura 9 Resistencia promedio con 100% agua termal los días 7, 14 y 28.....102
Figura 10 Evolución de resistencia de todas las dosificaciones a 7, 14 y 28 días. 103
Figura 11 Resistencia de todas las dosificaciones a 7, 14 y 28 días. 103

Tabla de contenidos de apéndice

Figura A- 1. Recolección de muestra de agua termal para el análisis físico químico....145
Figura A- 2. Muestreo, selección y almacenamiento de los agregados 145
Figura A- 3. Ensayos para determinar las propiedades del agregado grueso 146
Figura A- 4. Ensayos para determinar las propiedades del agregado fino.....146
Figura A- 5. Ensayo para determinar peso unitario compacto de agregados.....147
Figura A- 6. Análisis granulométrico de agregado grueso 147
Figura A- 7. Análisis granulométrico de agregado fino.....148
Figura A- 8. Elaboración de probetas de concreto.....148
Figura A- 9. Elaboración de probetas de concreto.....149
Figura A- 10. Elaboración de probetas de concreto.....149
Figura A- 11. Ensayo de asentamiento del concreto fresco 150
Figura A- 12. Ensayo de peso unitario de concreto en estado fresco 150
Figura A- 13. Ensayo de peso unitario de concreto en estado endurecido 151
Figura A- 14.curado de concreto con diferentes porcentajes de agua termal 151
Figura A- 15. Ensayo de resistencia del concreto con diferentes porcentajes de agua..152
Figura A- 16. Ensayo de resistencia del concreto con diferentes porcentajes de agua..152
Figura A- 17. Ensayo de resistencia del concreto con diferentes porcentajes de agua..153
Figura A- 18. Ensayo de resistencia del concreto con diferentes porcentajes de agua..153
Figura A- 19. Inspección de asesor en los ensayos de resistencia a la compresión.....154

Resumen

Actualmente uno de los principales problemas que genera el sector de construcción se produce por uso desmesurado del agua potable convirtiendo al agua termal en una alternativa sostenible para mitigar el impacto o daño ambiental y potenciar su uso en la industria de la construcción. En el presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la influencia del agua termal sobre las propiedades físicas del concreto, buscando reemplazar el agua potable de la mezcla de concreto con el agua termal de la piscina San Cristóbal en la ciudad de Huancavelica. Se realizan estudios físicos y químicos al agua para ser usada en la elaboración de concreto. El diseño de mezcla para resistencias de: f'c = 210 kg/cm2, según el método ACI 211; para ello utilizamos agregado grueso de cantera Ocopa (Lircay), fino de cantera Orcotuna (Huancayo), cemento Andino Extraforte, agua termal con diferentes concentraciones de 25%,50%,75%,100% y agua potable como control positivo, se elaboró 60 probetas de concreto de 6 por 12 pulgadas. Se estudia el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido a edades de 7, 14 y 28 días, respecto al primero se determinó el asentamiento, peso unitario y al estado endurecido la resistencia a compresión, peso unitario. La presencia de agua termal en el concreto fresco en porcentajes de 25%,50%,75%, 100% aumenta la consistencia de la mezcla (asentamiento) en 3.3 pulg, 3.4 pulg, 3.6 pulg, 3.7 pulg respectivamente; en estado endurecido, la resistencia a compresión a 28 días al aumentar porcentajes de 25%,50%,75%, 100% de agua termales es de 217 kg/cm2, 212.53 kg/cm2, 208 kg/cm2 y 203 kg/cm2 respectivamente y los pesos unitarios permanecen sin cambios significativos. Se concluye que es factible el uso del agua termal en la preparación del concreto puesto que cumple con los requisitos mínimos que señala la Norma Técnica Peruana, especialmente el 25% de agua termal a 14 días incrementa la resistencia en más de 10% de resistencia esperada; siendo en todos los casos aptos para su utilización según la norma, lo que produciría un impacto positivo, reduciendo el uso de agua potable y llegar a ser empleada en contexto local Huancavelicano.

Palabras Clave: concreto, agua termal, construcción, sostenible, resistencia, asentamiento, peso unitario

Abstract

Currently one of the main problems generated by the construction sector is caused by excessive use of drinking water, making thermal water a sustainable alternative to mitigate environmental impact or damage and enhance its use in the construction industry. The objective of this research work is to determine the influence of thermal water on the physical properties of concrete, seeking to replace the drinking water of the concrete mixture with the thermal water of the San Cristóbal pool in the city of Huancavelica. Physical and chemical studies are carried out on water to be used in the manufacture of concrete. The mixture design for resistances of: f'c = 210 kg / cm2, according to the ACI 211 method; For this we use coarse aggregate from Ocopa quarry (Lircay), fine from Orcotuna quarry (Huancayo), Andean Extraforte cement, thermal water with different concentrations of 25%, 50%, 75%, 100% and drinking water as a positive control. 60 6-by-12-inch concrete specimens. The behavior of concrete in the fresh and hardened state is studied at ages of 7, 14 and 28 days, with respect to the first, the settlement, unit weight and the hardened state the compressive strength, unit weight were determined. The presence of thermal water in fresh concrete in percentages of 25%, 50%, 75%, 100% increases the consistency of the mix (slump) by 3.3 in, 3.4 in, 3.6 in, 3.7 in respectively; In the hardened state, the compressive strength at 28 days when increasing percentages of 25%, 50%, 75%, 100% of thermal water is 217 kg / cm2, 212.53 kg / cm2, 208 kg / cm2 and 203 kg / cm2 respectively and the unit weights remain without significant changes. It is concluded that the use of thermal water in the preparation of concrete is feasible since it meets the minimum requirements established by the Peruvian Technical Standard, especially 25% of thermal water after 14 days increases the resistance by more than 10% of the expected resistance; being in all cases suitable for use according to the norm, which would produce a positive impact, reducing the use of drinking water and becoming used in the local Huancavelicano context.

Keywords: concrete, thermal water, construction, sustainable, strength, settlement, unit weight

Introducción

El concreto es uno de los materiales de más uso en la construcción a nivel mundial, nacional, regional y local, siendo el agua uno de los componentes más importantes en el proceso de la construcción, el agua potable es un insumo muy escaso en los últimos años siendo necesario su mejor uso y aprovechamiento racional, por esta razón buscamos nuevas alternativas como el uso de aguas termales enfocados en la construcción.

El trabajo de tesis titulado: "influencia del agua termal sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica", el cual tuvo su origen con el planteamiento del siguiente problema, ¿De qué manera influye el agua termal de 25%,50%,75% y 100% sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica?, y se planteó como objetivo general: Determinar la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica. Este tema es de vital importancia ya que no se cuentan con antecedentes de dicha investigación y se pretende formar cimientos para futuras investigaciones de esta índole.

La finalidad del tema de investigación es generar conocimiento a partir de circunstancias propias de la zona tal y como las aguas termales que interviene en casi todas las actividades de la construcción de la localidad de Huancavelica ya que en la zona predominan las aguas termales, de esta manera orientar y contribuir con las labores constructivas de la zona.

La presentación de este estudio se compone de la manera siguiente: CAPÍTULO I: GENERALIDADES, en el cual se presenta el planteamiento y formulación del problema, problema general y problema específico, los objetivo general y específicos del estudio, justificación e importancia del problema y limitaciones. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO, que se refiere a los antecedentes, fundamentos teóricos, supuestos,

definiciones de términos y definiciones operativas de variables e indicadores. CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS, mencionando tipo y nivel de investigación, método de investigación, diseño del estudio, población, muestra y muestreo, técnicas, herramientas y proceso de recolección de datos. CAPITULO IV DISCUSIÓN DE RESULTADOS, presentando la presentación de los resultados y discusión.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

El desarrollo de actividades humanas ha causado una gran demanda de construcciones de concreto, debido a que es uno de los materiales de mayor trascendencia dentro de la construcción, por la facilidad con la que se elabora y las excelentes propiedades que presenta, uno de las propiedades de mayor relevancia del concreto es la resistencia, generalmente se refiere a la resistencia a compresión del concreto endurecido, fabricar un óptimo concreto no es simple, se debe tener en cuenta todos los componentes que intervienen en la preparación: amasado, vaciado, vibración y curado para obtener todos sus beneficios. Por tanto, la realización de un concreto de calidad es una ciencia en permanente estudio y evolución.

La situación de Huancavelica, nos indica que la mayor parte de las construcciones vienen realizándose con concreto, por esto tuvimos la necesidad de averiguar y generar conocimientos nuevos, sobre la calidad del concreto. Por medio de la investigación usando el agua termal de la piscina San Cristóbal ubicado en la ciudad de Huancavelica para un diseño de concreto de 210 kg/cm² y ver como influirá sobre las propiedades físicas del concreto: asentamiento, peso unitario y resistencia a la compresión. Esto ayudará a implementar conocimientos para un buen uso en proceso constructivo y sobre todo tener en cuenta una alternativa en la elaboración del concreto en construcciones.

1.1.1. Problema general

- ¿De qué manera influye el agua termal de 25%,50%,75% y 100% sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% sobre el peso unitario del concreto, Huancavelica?
- ¿Cuál es la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% en el asentamiento del concreto, Huancavelica?
- ¿Cuál es la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% en la resistencia a la compresión del concreto, Huancavelica?

1.2. Objetivos: general y especifico

1.2.1. Objetivo general

- Determinar la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% sobre el peso unitario del concreto, Huancavelica.
- Determinar la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% en el asentamiento del concreto, Huancavelica.
- Determinar la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% en la resistencia a la compresión del concreto, Huancavelica.

1.3. Justificación e importancia

El aporte de la presente investigación tiene el propósito de implementar información para el uso de aguas termales de Huancavelica como material del concreto en obras civiles. Siendo una alternativa en reemplazo el agua potable con agua termal

teniendo la necesidad de aporta el conocimiento a la influencia de los componentes que están en el agua termal, agua que están combinado en las propiedades físicas del concreto.

El uso de fuentes diferentes al potable es un tema de interés mundial debido a que reducirá el agua tratada en la producción de concreto.

1.4. Limitaciones

1.4.1. Limitaciones económicas

Las limitaciones económicas dificultaron en el desarrollo de la investigación y el estudio ha sido financiado del programa E-066 de investigación de la universidad Nacional de Huancavelica sin su ayuda no hubiera sido posible realizar el proyecto de investigación.

1.4.2. Limitaciones de instalaciones físicas

La disposición del laboratorio dificulta en la ejecución del proyecto, el laboratorio está ocupado casi todo el año por realización de investigaciones y estudios, como también la universidad y la ciudad de Huancavelica no cuenta con laboratorio acreditado de análisis de agua se envió las muestras para analizar el agua a Lima.

1.5. Alcance

La investigación se centra principalmente en determinar el asentamiento, peso unitario, resistencia a la compresión, esto mediante la elaboración de probetas cilíndricas de concreto con diferentes concentraciones de agua termal el tiempo en realizar el proyecto está ligado a la resistencia máxima que obtiene un concreto según la norma se consigue a los 7, 14 y 28 días de su elaboración, todo esto previo análisis del agua termal y consideraciones necesarias como proceso de recolección de muestras, datos y análisis. El presente trabajo fue publicado como un artículo científico así aportamos el conocimiento sobre la influencia de agua termal en las propiedades físicas del concreto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Benítez et al. (2015), realiza la investigación con el objetivo de determinar las propiedades fisicoquímico e isotópico de aguas termales del Municipio Libertador del Estado Sucre, Venezuela. La muestra que tomaron fue in situ donde obtuvieron los resultados mediante el método de Mohr, turbidimetría y colorimetría. Las temperaturas oscilaron entre 33,7 y 57,5 ºC. Los resultados de pH están entre 6,07 a 6,9, indican que son poco ácidos. Llegaron a la conclusión de que la situación ambiental de las aguas a la vista es de alta incidencia térmica, son débilmente ácidas, los altos valores de conductividad y sólidos disueltos en general implican que tienen una gran mineralización, con una cantidad excesiva de sales disueltas. Se han categorizado adicionalmente como cloruro y sodio (con bajo contenido) y tienen una propensión más cercana a evaporación y cristalización.

León y Reyes (2018), realizaron la investigación con el objetivo de identificar y analizar una de las propiedades clave del agua, como su pH, para su uso posterior en la mezcla para crear hormigón hidráulico. Evalúe si el ajuste del parámetro seleccionado producirá resistencia a la compresión hidráulica del hormigón. La metodología que utilizaron es que comprobar la resistencia del concreto haciendo la rotura de los especímenes. Los sus estudios llegaron a las siguientes conclusiones que para un pH acido en la mezcla de agua la resistencia del concreto es 13% menos que el pH neutro en 7 días, para 14 días la resistencia a la compresión llego en 3% menor que el pH neutro y para 28 días tiene una diferencia de 1% del pH neutro. Mientras para pH básico a los 7 días la resistencia a compresión es 10% mayor que el pH neutro, a los 14 días la resistencia a

compresión es 3% más que el pH neutro y a los 28 días la resistencia a compresión es de 13% más que el pH neutro.

2.1.2. A nivel nacional

Chavez (2019), realiza la investigación con el objetivo determinar al reemplazar el agua potable con el agua termal que resistencia a compresión llega a comparación de agua potable. El diseño que hicieron para este proyecto es según el método ACI para una resistencia de f´c=210 kg/cm2. Luego, fabricaron unas muestras de concreto con el diámetro de 0.15 m y una altura de 0.30 m y la resistencia para tensión axial lo realizaron a las edades de 7, 14, 28 y 180 días. Los resultados obteniendo del concreto mezclado con agua termal disminuye 0.91%, 1.70%, 3.26% y 3.35% en relación con el concreto de control o agua potable. La investigación tiene las siguientes conclusiones: que la resistencia a la compresión elaborado con agua termal llego no menos de 10 % sobre el concreto elaborado con agua potable. La resistencia a la compresión de concreto con agua termal tiene 255.06 kg/cm2 y de control es 263.68 kg/cm2 a los 28 días donde se observa que no hay mucho la variación por lo cual se concluyeron que cumple el diseño elaborado con agua termal llegando a su resistencia propuesta del diseño. También a los 180 días su resistencia a compresión de agua termal es y 255.85 kg/cm2 y de control es 264.73 kg/cm2 por lo tanto concluyeron que el concreto elaborado con agua termal cumple con la resistencia para la cual fue diseñado.

Cruzado y Li (2016), realizaron la investigación con el objetivo de comprobar su comportamiento mecánico y como este varia en la elaboración del concreto. Este estudio que hicieron consistió en la elaboración de con concreto con diferentes tipos de agua como rio, subsuelo y agua potable donde compararon la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de los distritos dosificaciones del agua. Primero han realizado el estudios físicos y químicos en el agua para saber su efecto en la resistencia del concreto. Los resultados de la resistencia de concreto para agua subterránea es 238 kg/cm2 y para agua potables es 226 kg/cm2. La investigación tiene las siguientes conclusiones. La resistencia elaborada

con agua subterránea llego mayor resistencia que agua potable o de control por lo tanto se puede confirmar que el agua subterránea y gua del rio cumplen con los requisitos establecidos de la norma.

2.1.3. A nivel local:

Ccanto y Mallcco (2019), realizaron el trabajo con el objetivo de determinar el comportamiento de las resistencias a la compresión de concreto haciendo la prueba de rotura a los 7, 14 y 28 días. También se realizaron el estudio de calidad del agua, como propiedades físico-químicas, para ver si existen sustancia dañinos para el concreto donde puedan afectar la resistencia. Los resultados de la resistencia a compresión del concreto de agua subterránea es 231,15 kg/cm2 y de agua potables es 22,50 kg/cm2. La investigación llegó a la siguiente conclusión que el agua subterránea cumple con los parámetros que da la norma. También la resistencia a compresión del agua subterránea llegó más alto que el de control por lo tanto se concluye que se debe utilizar para mayor confiabilidad de la construcción ya que tiene mejor resistencia.

2.2. Bases teóricas

Habiéndose revisado investigaciones previas y teniendo una recopilación de bibliografías que se utilizarán, se desarrollará los conceptos teóricos analizando cada una de las variables para desarrollar el proyecto de investigación.

2.2.1. Concreto

Es un material formado por una mezcla en determinadas proporciones o porcentajes de cemento, agua, agregados y eventualmente aditivos, que al principio le da una composición plástica y manejable, luego tiene una textura sólida. El concreto es un material muy duro, se asemeja a la piedra donde el resultado se obtiene al efectuarse una adecuada mezcla con cemento, agua y agregados.

Según Abanto (2009) afirma:

> El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en las proporciones adecuadas para lograr ciertas propiedades predeterminadas, incluida la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente haciendo que las moléculas se recombinan, formando una sustancia heterogénea. Cuando es necesario se agregan ciertos materiales llamados aditivos para perfeccionar o cambiar ciertas propiedades del concreto. (p. 11)

Según Ortega García (2014) afirma:

> El hormigón es un material duro, se parece mucho a la piedra, como consecuencia de una correcta mezcla de cemento, áridos (piedra y arena), agua y aire. A diferencia de la piedra, el hormigón se puede moldear de acuerdo con la escala requerida, y para obtener esas dimensiones, se utilizan papeleo y encofrados. (p. 13)

2.2.1.1. Componentes del concreto

2.2.1.1.1. Cemento

Se define como un material pulverizado que tiene la propiedad de formar, mediante el aumento de una proporción adecuada de agua, una pasta coagulante o aglomerante capaz de endurecerse bajo el agua como en el viento para conformar compuestos estables

Según Ortega (2014) afirma

> "Es un material aglomerante que tiene las propiedades de adherencia y cohesión necesarias para unir áridos inertes entre si formando una masa sólida que cumpla las características y propiedades" (p. 13).

Así mismo Abanto (2009) afirma que "El cemento Portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5 kg. y un pie cúbico de capacidad" (p. 15).

Según la (NTP 334.009, 2005) menciona "Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y contienen generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda."

Composición química del cemento

De acuerdo a Torre(2004) afirma:

> Que durante la calcinación en la fabricación del Clinker de cemento Portland los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima entre sí, dando lugar a cuatro importantes compuestos los cuales constituyen aproximadamente el 90-95% del cemento, también existiendo otros compuestos, pero en menores cantidades. (p. 16)

Tabla 1

Composición química del cemento

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	3CaO.SiO2	C 3S	30% a 50%
Silicato dicálcico	2CaO.SiO2	C 2S	15% a 30%
Aluminato tricálcico	3CaO.Al2O3	C 3A	4% a 12%
Ferro aluminato tetracálcico	4CaO.Al2O3.Fe2O3	C 4AF	8% a 13%
Cal libre	CaO	---	---
Magnesia libre (Periclasa)	MgO	---	---

Nota. Compuesto en presencia del agua se hidratan y forman nuevos compuestos.

Tipos de cemento

Los grados de cemento pueden variar dependiendo de la relación de dosificación de cada tipo de materia prima utilizada.

Según Abanto (2009), nos dice que “los cementos Portland según la especificación de ASTM de Normas para el cemento Portland (C 150). TIPO I, II, III, IV y V se utilizan en diferentes circunstancias climatológicas ya sea costa, sierra y selva” (p. 17).

Tabla 2

Tipos de cemento

Cementos Hidráulicos	Tipo	Denominación
Cementos Portland	Tipo I	Cemento Portland de uso general
	Tipo II	Cemento Portland de uso general de moderada resistencia a los sulfatos
	Tipo III	Cemento Portland de alta resistencia inicial
	Tipo IV	Cemento Portland de bajo calor de hidratación
	Tipo V	Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos
Cementos Portland adicionados (compuesto)	Tipo IS	Cemento Portland adicionado con escoria de alto horno
	Tipo IP	Cemento Portland adicionado puzolánico
	Tipo I (PM)	Cemento Portland adicionado con puzolánico modificado
	Tipo IL	Cemento Portland adicionado con caliza
	Tipo IT	Cemento Portland adicionado ternario
	Tipo ICo	Cemento Portland adicionado compuesto
Cementos hidráulicos especificado por desempeño	Tipo GU	Cemento Hidráulico de uso general
	Tipo HE	Cemento Hidráulico de alta resistencia inicial
	Tipo MS	Cemento Hidráulico de moderada resistencia a sulfatos
	Tipo HS	Cemento Hidráulico de alta resistencia a los sulfatos
	Tipo MH	Cemento Hidráulico de moderado calor de hidratación
	Tipo LH	Cemento Hidráulico de bajo calor de hidratación

Nota. Fuente: Sociedad Americana para Ensayos y Materiales – ASTM. Elaboración Dirección de normatividad – Produce.

Propiedades del cemento

a) Finura o Fineza

De acuerdo Torre (2004) que la "Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m^2/kg. En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo: Permeabilímetro de Blaine y Turbidímetro de Wagner" (p. 12).

b) Peso específico

El peso específico esta "Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm^3. En el laboratorio se determina por medio de Ensayo del Frasco de Le Chatelier NTP 334.005" (Torre, 2004, p. 29).

c) Tiempo de fraguado

El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón. Así mismo Cruzado y Li (2016) afirman: " Es la transición de un estado fluido al estado rígido. Este se obtiene mezclando cemento y agua para formar una pasta blanda, que se endurece gradualmente hasta formar una masa sólida" (p. 13).

d) Resistencia a la compresión

Según Torre (2004) menciona es "La capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de compresión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en Kg/cm" (p. 13).

e) Contenido de aire

Según Torre (2004) menciona que "Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante: Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048" (p. 13).

f) Calor de hidratación

Torre (2004) afirma: “Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr. En el laboratorio se determina mediante: Ensayo calorimetrico de Langavant o el de la Botella Aislante” (p. 14).

2.2.1.1.2. Agua

El agua es un material importante para la elaboración del concreto, se puede definir como aquel componente que acciona con el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de endurecer y fraguar para formar un sólido único con los agregados. Se clasifica en dos: agua de mezclado y agua de curado y los desarrollaremos a continuación:

Abanto (2009) menciona: “El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido” (p. 21).

Así mismo Cruzado y Li (2015) afirman:

> El agua debe tener un aspecto limpio, libre de cualquier impureza como aceites, ácidos, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan dañar el hormigón o la armadura. Si se encuentra alguna sustancia u objeto en el agua que arroje dudas sobre la calidad del líquido, no se debe usar la sustancia a menos que exista un registro del concreto del que está hecha o la información indique que no afecta la calidad del líquido (p. 13).
>
> Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades (Torre, 2004, p. 29).

Agua de curado

Esta es la cantidad adicional de agua que necesita el concreto después de que ha curado para lograr el nivel de resistencia para el que fue diseñado. Este proceso de adición

es muy importante ya que el concreto después de ser colocado perderá agua debido a diferentes situaciones tales como: alta temperatura por exposición al sol o calor ambiental, alta absorción en el lugar de colocación del concreto, fuertes vientos aumentan la tasa de evaporación. Es necesario agregar periódicamente a los elementos construidos para obtener el rendimiento deseado.

Requisitos de calidad

El agua que es empleada en la preparación del concreto tiene que cumplir con los requisitos o parámetros de la Norma NTP 339.088 puede ser de preferencia agua potable. "La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidas dentro de los siguientes límites" (Torre, 2004, p. 321).

En la siguiente tabla donde se muestran los valores límites o parámetros recomendados para las impurezas en el agua de mezclado según la Norma Técnica Peruana NTP 339.088.

Tabla 3

*Límites permisibles para el agua de mezcla y curado***.**

Nº	Parámetros	NTP 339.088 (máximos)	Unidades
1	Sólidos en suspensión	5000	ppm
2	Materia orgánica	3	ppm
3	Alcalinidad	1000	ppm
4	Sulfatos	600	ppm
5	Cloruros	1000	ppm
6	pH	5.00 - 8.00	ppm

Nota. *Fuente: la norma NTP 339.088

También los límites a considerar el agua de tener la impureza eso es el parámetro permitido según la norma según se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4

Tolerancias de concentraciones de impurezas en el agua de mezcla.

Impurezas	Máximo Tolerado (ppm)
Carbonato de Sodio y Potasio	1000
Cloruro de sodio	20000
Sulfato de sodio	10000
Sulfato, como SO4	3000
Carbonatos de calcio y magnesio, como ion bicarbonato	400
Cloruro de magnesio	40000
Sulfato de magnesio	25000
Cloruro de calcio (por peso de cemento en el concreto)	2%
Sales de hierro	40000
Yodato, fosfato, arseniato y borato de sodio	500
Sulfito de sodio	100
Ácido sulfúrico y ácido clorhídrico	10000
pH	6 - 8%
Hidróxido de sodio (por peso de cemento en el concreto)	0.50%
Hidróxido de potasio (por peso de cemento en el concreto)	1.20%
Azúcar	500
Partículas en suspensión	2000
Aceite mineral (por peso de cemento en el concreto)	2%
Agua con algas	0
Materia orgánica	20
Agua de mar	35000

Nota. *Fuente: Tecnología del concreto y mortero (Diego Sánchez de Guzmán, 2001)

Parámetros o caracterización a determinar

los parámetros físicos que determinan el agua son color, olor, sabor, turbidez, determinación de pH, nitrato, cloruros, dureza, alcalinidad, etc. Estos parámetros mayormente se utilizan para el análisis físico químico del agua en un laboratorio para ver si cumple con los parámetros establecidos.

2.2.1.1.3. Agregados

Según Torre (2004) se define que: “Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011” (p. 43).

Según Abanto (2009) se define que “Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc) y el agua formando los concretos. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto” (p. 23).

(NTP 400.037, 2018) menciona “es un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que puedan ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la presente norma. Se les llama también áridos” (Reyes y Chahuayo, 2019, p. 51).

Clasificación

Por su procedencia o el origen

Los agregados pueden ser agregados naturales o artificiales, los naturales son los que se usan con frecuencia.

a) **Agregados naturales:** Son agregados que se forman mediante procesos geológicos ocurridos en el planeta desde hace cientos de años. Se seleccionan, extraen y procesan para su uso en la fabricación de mortero u hormigón. El agregado es de uso común en nuestro país debido a su diversa cantidad y calidad, haciéndolo ideal para la preparación de concreto.
b) **Agregados Artificiales:** Este proviene de una transformación del material natural, con un procesamiento adicional, permiten su uso en la fabricación de concreto. Entre agregados artificiales encontramos la piedra triturada, es un componente utilizado para hormigones de alta resistencia; por los ángulos que presenta.

Por su naturaleza

Los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: gruesos, finos y hormigón (agregado global).

También lo clasifica en agregado fino y grueso según el tamaño de los agregados sin considerar el hormigón en esta clasificación.

a) **El agregado fino:** Proviene de la desintegración natural, artificial de las rocas o una combinación de ambas, que pasa al tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más común es la arena producto de la desintegración de las piedras.
b) **El agregado grueso**: Esta conformado por piedras retenida en el tamiz 3/8" y proviene de la descomposición de la roca. El agregado grueso puede incluir grava natural o piedra triturada es decir roca partida.
c) **El hormigón:** Este material está formado por una mezcla de arena y grava que está en forma natural en todo el planeta y es empleado exactamente como extraemos de la cantera.

Por su densidad

"Se pueden clasificar en agregados normales de peso específico entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5 y agregados pesados con pesos específicos mayores a 2.75" (Torre, 2004, p. 44).

Forma y Textura Superficial

Los agregados tienen formas irregularmente geométricas compuesto aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades pueden ser: angular, sub angular, sub redonda o redonda.

Propiedades físicas

Los agregados tendrán propiedades físicas como también propiedades resistentes.

Entre las físicas encontramos: la densidad, la porosidad, el peso unitario, el porcentaje de vacíos, la humedad y entre las resistentes: la resistencia, la tenacidad, la dureza y el módulo de elasticidad, estos son necesarios para tener en cuenta en la elaboración del concreto

2.2.1.2. Propiedades físicas del concreto

2.2.1.2.1. Trabajabilidad

La principal propiedad del concreto en estado fresco se denomina trabajabilidad, es la propiedad del concreto recién mezclado que determina la facilidad y uniformidad con la que podemos mezclar, transportar,

colocar, compactar y acabar, su definición es tan amplia que aún no es posible establecer un proceso para determinar el desempeño o medirlo de manera única.

2.2.1.2.2. Asentamiento

El ensayo de asentamiento del concreto o prueba del cono de Abrams es un método de control de calidad cuyo objetivo principal es medir la consistencia del concreto bajo condiciones de laboratorio y con un estricto control de los materiales del concreto, se ha encontrado una relación directa entre la cantidad del agua y el asentamiento de una mezcla de concreto (el asentamiento aumenta proporcionalmente con la cantidad de agua); también tiene la finalidad de comprobar que el concreto realizado cumpla con la fluidez especificado, usando el procedimiento descrito en la norma técnica peruana (NTP 339.035, 1999).

2.2.1.2.3. Peso unitario

Es el método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados. Se coloca el concreto en el recipiente de medición en tres capas de aproximadamente igual volumen. Donde se apisona cada capa con 25 golpes con la barra compactadora cuando después de que cada capa ha sido apisonada golpee los lados del recipiente con un mazo 12 veces, usando la fuerza adecuada para cerrar los huecos causados por la varilla perforada y elimine las grandes burbujas de aire atrapado según la Norma (NTP 339.046, 2008) o Norma NTP 400.017, que fue tomada en su totalidad de la Norma ASTM C29.

2.2.1.2.4. Compresión o resistencia mecánica

Se define que la capacidad para soportar una carga por unidad de área, dende expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm2 o MPa.

La resistencia a la compresión donde varía significativamente con la variación de algunos parámetros, tales como la relación agua cemento(a/c), tamaño máximo de grava, la edad del concreto y la relación de esbeltez de la muestra (Chavez Soto, 2019, p. 15).

En la (NTP 339.034, 2015) nos menciona que el método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados de probetas o extracciones diamantinas a una velocidad que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla..

2.2.2. Aguas termales

Las aguas termales son aguas minerales que brotan del suelo a una temperatura 5°C mejor que la temperatura normal anual de la zona de donde emanan. Estas aguas provienen de capas subterráneas, ricas en componentes minerales únicos.

Bembibre (2010), nos menciona "Las aguas termales son aguas naturales, es decir que no son modificadas artificialmente por el hombre." Usualmente, la presencia geográfica de las aguas termales tiene que ver con la presencia de volcanes o de zonas montañosas, estas surgen de las profundidades y llegan a la superficie a través de estos elementos geográficos. "Algunas de las regiones con importantes centros de aguas termales son los países de Argentina, Japón, Perú, Rusia, Bolivia, Chile, Estados Unidos, Puerto Rico, México e Islandia por mencionar tan sólo a algunos" (Pinuaga, 2008 citado por, Condori y Guillen, 2018, p. 12).

Los criterios de clasificación pueden ser de distintos puntos de vista: según su temperatura, mineralización global, acciones fisiológicas, composición física-química, pH, a continuación, describiremos los principales.

Clasificación según su temperatura

Tabla 5

Clasificación de acuerdo a su temperatura.

Tipos	Temperatura
Frías	aguas cuyas temperaturas son menores a 20°C
Hipotermales	temperaturas entre 20 y 30°c
Mesotermales	temperaturas que oscilan ente 35°C y 45° C
Hipertermales	temperaturas mayores a 45°C y hasta 50°C

Nota. Fuente: Extraído de Fagundo J., et al., 2004

Clasificación según su composición mineral

Estas se clasifican según Armijo (1994) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6

Clasificación de acuerdo a su composición mineral.

Tipos	Componentes
Aguas ferruginosas	Presentan primordialmente hierro en su composición
Aguas cloruradas	Con más de 1g/L de sustancias mineralizantes predominando el ion cloruro con una concentración superior a 20% meq/l
Aguas sulfuradas y sulfurosas	Presenta azufre en su composición. Utilizadas en el campo de la hidrología médica, las primeras son ácidas y lodosas
Aguas sulfatadas	Con más de 1g/L de sustancias mineralizantes predominando el ion sulfato con una concentración superior a 20 % meg/L pueden incluir sodio, calcio, magnesio o cloro en su composición.
Aguas bicarbonatadas	Con más de Ig/L de sustancias mineralizantes donde el ión carbonato bicarbonatadas: predomina, con una concentración superior a 20% meq

Nota. Fue extraído de Ramos G., 2015 las clasificaciones de acuerdo a su composición mineral

2.2.3. Normativa para la reutilización de agua no potable

El agua debe tener un aspecto limpio, libre de cualquier impureza como sales, ácidos, aceites, materia orgánica y otras sustancias que puedan dañar el hormigón o la armadura.

Si se localiza en el agua alguna objeto o sustancia que arroje dudas sobre la calidad del líquido, no se debe utilizar dicha sustancia a menos que exista un registro del concreto hecho de ese material, o la información indique que no es perjudicial para la calidad del agua para el concreto.

2.2.3.1. Utilización de agua no potable

La noma E.060 del reglamento nacional de edificaciones nos da un parámetro que se puede utilizar el agua no potable que mencionamos en la siguiente.

- Si está limpio y libre de aceites nocivos, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan dañar el hormigón, armaduras o elementos empotrados.
- La selección de la cantidad de mezcla de concreto se basa en pruebas con agua de la fuente seleccionada.
- Las probetas cilíndricas de concretos hechos con agua no potable estos deben llegar a una resistencia a compresión por lo menos a 90% a comparación con agua potable a los 28 días.

2.2.4. Elementos dañinos del agua para el concreto

Componentes del agua termal de mezclado que podrían afectar las propiedades del concreto

- El exceso de impurezas en el agua de mezcla puede causar manchas (burbujeos) y corrosión del refuerzo, por lo que se debe determinar la concentración máxima de cloruro, sulfato, álcalis y sólidos en el agua de mezcla.

- No es deseable tener demasiadas partículas en el agua de mezcla, es esencial tener agua que contenga menos de 2000 ppm de sólidos disueltos totales.

- El exceso de impurezas en el agua de amasado puede manchar o corroer el refuerzo del hormigón.

- El carbonato de sodio puede causar fraguados rápidos, en cambio los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado.

- Dado que las altas concentraciones de carbonatos y bicarbonatos pueden reducir la resistencia del hormigón, las pruebas de resistencia deben realizarse después de 28 días.

- Un alto contenido de cloruro en el agua de mezcla puede provocar la corrosión del acero del hormigón armado.

- Las concentraciones de carbonato de calcio y magnesio superiores a 400 ppm de iones de bicarbonato se consideran dañinas.

- El sulfato de magnesio y el cloruro de magnesio en altas concentraciones no tienen efectos adversos sobre la resistencia.

- La concentración de sulfato de magnesio debe ser inferior a 25.000 ppm.

- El cloruro de calcio acelera el endurecimiento y la resistencia cuando se usa en cantidades de hasta el 2% del peso del cemento.

- Las sales de hierro no tienen efecto adverso sobre la resistencia del hormigón a concentraciones de hasta 40,000 ppm.

- Las sales de magnesio, estaño, zinc, cobre y plomo pueden reducir la resistencia y cambiar el tiempo de fraguado cuando se encuentran en concentraciones superiores al 10% del peso del cemento.

- Un valor de pH por debajo de 3,0 puede causar problemas de procesamiento.

- El hidróxido de sodio superior al 0,5% por peso de cemento reduce la resistencia del hormigón.

- El hidróxido de potasio por encima del 0,5% en peso de cemento tiene poco efecto sobre la resistencia del hormigón.

- Cantidades de 0,03% y 0,15% en peso de retardadores del fraguado del cemento, si las concentraciones exceden de 500ppm, las pruebas deben realizarse en horarios programados.

- Las partículas suspendidas en cantidades superiores a 2000 ppm de arcilla o limo pueden no afectar la resistencia, pero pueden afectar otras propiedades de la mezcla de concreto.

2.3. Conceptos generales o definición de términos.

Aguas termales: Las aguas termales son aguas minerales que brotan del suelo a una temperatura por encima en 5 °C con respecto a la temperatura media anual de la fuente. Estas aguas provienen de acuíferos de mayor temperatura y son ricos en minerales.

Agregados: Los agregados se definen como aquellas partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones se encuentran dentro de los límites especificados en la norma.

Asentamiento del concreto: Referido a la distancia entre la altura del recipiente utilizado como molde y la muestra de concreto fresco, este se expresa en pulgadas.

Endurecimiento: El proceso de aumentar la resistencia mecánica después del tiempo de fraguado.

Fragua: El proceso de pérdida de plasticidad de la mezcla adhesiva, pasando de un estado líquido a un estado duro.

Peso unitario: La densidad del hormigón se define como la relación entre el volumen de sólidos y el volumen total de una unidad cúbica. También se puede entender que un cierto porcentaje en volumen de hormigón es material sólido.

Resistencia: Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos. Este es su mejor comportamiento en compresión versus tracción, debido a las propiedades adhesivas de la pasta de cemento.

Relación agua - cemento: Es el cociente entre el peso del contenido de agua libre de mezclado y el de cemento en una mezcla dada.

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

Adherencia: Es la interacción que existe entre la zona de contacto agregado pasta, generada por reacciones físico-químicas. Cuanto mayor sea la adherencia, mayor será la resistencia del hormigón.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- El agua termal influye significativamente de 25%,50%,75% y 100% sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica.

2.4.2. Hipótesis específicas:

- El agua termal influye significativamente de 25%,50%,75% y 100% en el asentamiento del concreto, Huancavelica.

- El agua termal influye de manera significativa de 25%,50%,75% y 100% sobre el peso unitario del concreto, Huancavelica.

- El agua termal influye significativamente de 25%,50%,75% y 100% en la resistencia a la compresión del concreto, Huancavelica.

2.5. Variables e indicadores

2.5.1. Variable dependiente

- Propiedades físicas del concreto.

2.5.2. Variable independiente

- Agua termal.

Tabla 7

Definición y operación de variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: Agua termal	Aguas minerales que salen del suelo a una temperatura mayor en por lo menos 5°C	Propiedades físicas Propiedades químicas	(ppm)
Variable dependiente: Propiedades físicas del concreto	Son componentes que tienen para el diseño del concreto	Peso unitario Asentamiento Resistencia	Masa de concreto fresco. Volumen del concreto fresco Diferencia de alturas en el cono de Abrams Resistencia a la compresión

Nota. El cuadro nos muestra los variables de acuerdo a sus dimensiones.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

El tipo o forma de investigación en función de su propósito es aplicada. “La investigación aplicada es aquella que tiene como objetivo resolver problemas concretos y prácticos de la sociedad. Además, se apoya en la investigación básica para conseguirlo. Esta le aporta los conocimientos teóricos necesarios para resolver problemas o mejorar la calidad de vida” (Rus, 2020).

Según Ernesto (2005) afirma “A la investigación aplicada se le denomina también activa o dinámica y se encuentra íntimamente ligada a la anterior ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos. Aquí se aplica la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas” (p. 23).

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación por su nivel de profundidad es explicativa porque intenta verificar como influye el agua termal en las propiedades del concreto.

Según Arias (2012) afirma: “La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos” (p. 26).

De acuerdo con Hernández el at. (2014), afirma: “Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones

entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables" (p.95).

3.3. Método de investigación

El camino que se recorre para realizar la investigación es el método científico este es un proceso metódico y sistemático que se basa en la objetividad.

Según Tamayo (2012), nos menciona que "El método científico es un conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo" (p.28).

Para, Arias (2012), también menciona que "el método científico es el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis" (p.19).

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental, por la manipulación de variables el diseño especifico es cuasi experimental.

"La investigación experimental se ha ideado con el propósito de determinar, con la mayor confiabilidad posible, relaciones de causa-efecto, para lo cual uno o más grupos, llamados experimentales, se exponen a los estímulos experimentales y los comportamientos resultantes se comparan con los comportamientos de ese u otros grupos, llamados de control que no reciben el tratamiento o estímulo experimental" (Monje Álvarez, 2011, p.105).

"La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable

independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)" (Arias, 2012, p. 34).

$$G_1, G_2\text{----- } X_1 \text{ -----} O_1$$
$$G_1, G_2\text{----- } X_2 \text{ -----} O_2$$
$$G_1, G_2\text{----- } X_3 \text{ -----} O_3$$

Donde:

- G_1: Grupo experimental (agua termal).
- G_2: Grupo control o patrón (agua potable).
- X_1, X_2, X_3: Experimento o manipulación de variables
- O_1: Asentamiento
- O_2: Peso unitario
- O_3: Resistencia

3.5. Población, muestra y muestreo.

3.5.1. *Población*

Se trabajó con una población de 60 probetas cilíndricas, 12 probetas serán el grupo de control para 100% de agua potable, 48 probetas serán el grupo experimental utilizando 25%, 50%, 75% y 100% de agua termal para ver la influencia, en cada porcentaje se experimenta 12 probetas respectivamente.

3.5.2. Muestra

En la muestra se trabaja con 60 probetas cilíndricas con las diferentes dosificaciones, están son los mismos números de la población.

Tabla 8

Cantidad o número de probetas cilíndricas

Tipo de mezcla	Edad de los especímenes (días)		
	7	**14**	**28**
Agua potable 100%	4	4	4
Agua termal 25°% + Agua potable 75%	4	4	4
Agua termal 50°% + Agua potable 50%	4	4	4
Agua termal 75°% + Agua potable 25%	4	4	4
Agua termal 100°%	4	4	4
Subtotal	20	20	20
Total	60 (sesenta)		

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Muestreo

El muestreo fue probabilístico de carácter sistemático, será un proceso simple y rápido completamente al azar, los resultados obtenidos serán representativos de la población, cuyo estudio de datos será de aspecto empírico.

3.6. Descripción y características de la zona de investigación

El ámbito de estudio de la investigación comprende la ciudad de Huancavelica más específico piscina del barrio San Cristóbal donde existe un ojo de agua también llamado manantiales, nacederos o fuentes de agua que abastece a la piscina San Cristóbal, dicha fuente tiene una demanda hídrica de gran importancia que puede ser utilizado para otros fines.

3.6.1. Geográficas

El estudio se realiza tomando como base el agua termal de la piscina San Cristóbal y los agregados comercializados en el puente agraria por la empresa MARCOS, está ubicada en el barrio San Cristóbal – Paturpampa, en la ciudad de Huancavelica, distrito, provincia y departamento del mismo nombre, país de Perú.

3.6.2. Temporal

La duración de la investigación es aproximadamente de 12 meses comenzando de enero a diciembre del 2021, la elaboración de informe final los meses de febrero, marzo, abril y mayo, culminando en mayo del 2022.

No consideramos desarrollar las demás propiedades del concreto debido a la falta de equipo para desarrollar las demás propiedades; sin embargo, se desarrollan las más importantes. Ubicación y localización del proyecto

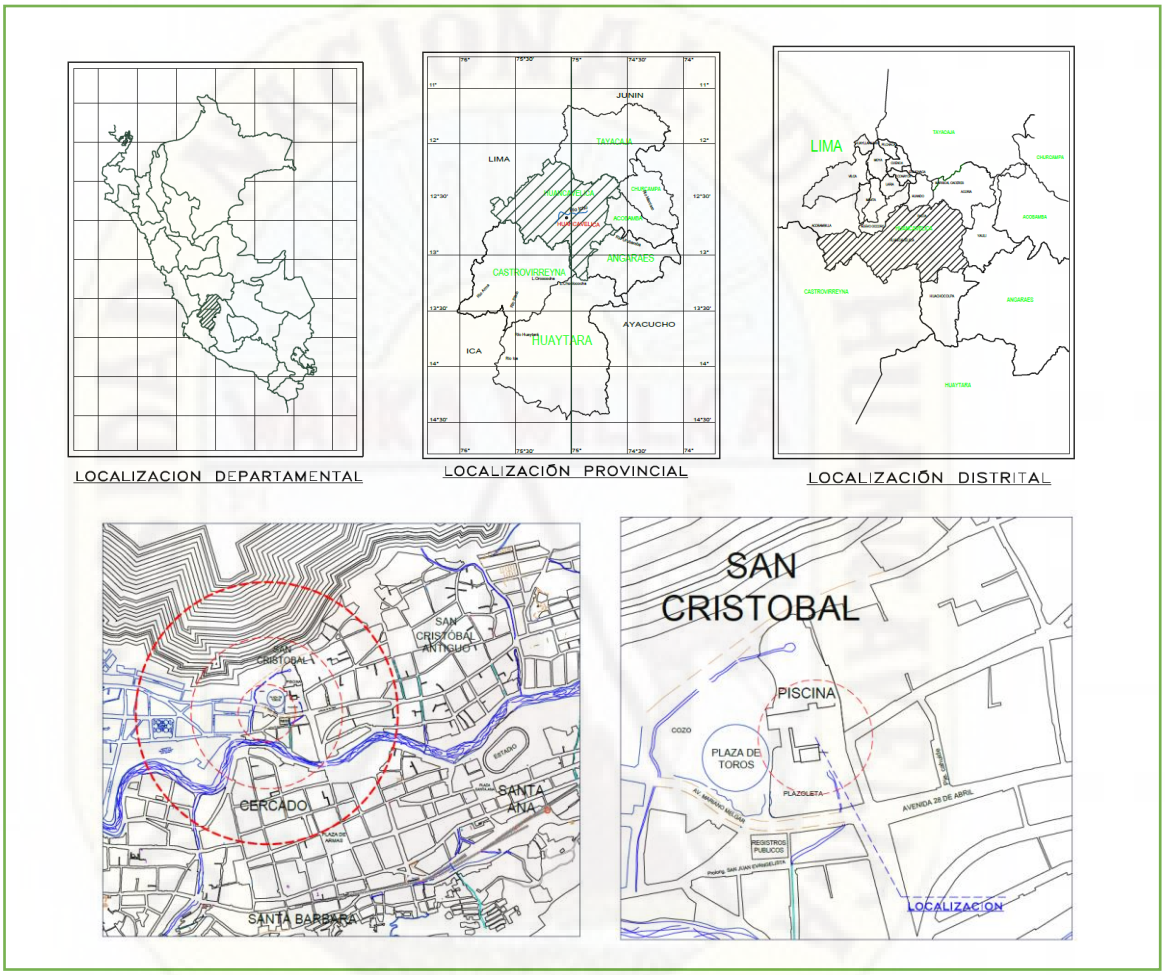
3.6.3. Lugar y desarrollo de la investigación

Se desarrolla en la piscina San Cristóbal y en el puente Agraria, está ubicada en el barrio San Cristóbal – Paturpampa, también se desarrolla dentro de las instalaciones la Universidad Nacional de Huancavelica por la disponibilidad de todos los equipos y herramientas necesarios para realizar las pruebas. En la Figura 1 se observa la ubicación y localización del proyecto, como también el área de influencia.

La elaboración y curado de especímenes de concreto, diseño de mezclas, ensayo de asentamiento, ensayo de peso unitario, ensayo de resistencia que se realiza la ruptura a diferentes edades en el laboratorio de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica, todos ubicados en la ciudad de Huancavelica es la ciudad capital está ubicada en distrito, provincia y región de Huancavelica como se observa en la **Figura 1**.

Figura 1

Ubicación y localización del proyecto



La investigación se realizó desde inicios del mes de enero de 2021 hasta el mes de mayo de 2022, en distrito, provincia y región de Huancavelica.

3.7. Instrumentos, técnicas y norma

La recolección de datos será en campo y en el laboratorio, teniendo en cuenta las publicaciones de revistas, artículos, investigaciones, libros físicos y virtuales referente al

tema, también se revisa y aplica la norma peruana, todo relacionado con el estudio de investigación.

3.7.1. Instrumentos

Instrumentos y equipos usados en la investigación fueron de laboratorio tomando en cuenta las indicaciones que ayuden a la manipulación, ficha para interpretación, estos fueron los siguientes:

- Equipo para asentamiento.
- Equipo para peso unitario
- Equipo para resistencia de compresión.
- Ficha técnica de monitoreo y control de laboratorio.
- Fichas para todos los ensayos.
- Equipos de oficina.
- Notas bibliográficas.
- Cuaderno para apuntar datos.

3.7.2. Técnicas

Técnicas usadas en la investigación se recolectaron de formatos similares que ayuda a explicar y analizar, estas fueron lo siguiente:

- Selección, Recolección y obtención del agua termal
- Análisis fisicoquímico y Microbiológico del agua termal
- Protocolos de diseño de mezcla de concreto con agua potable y agua termal.

- Protocolos y análisis de pruebas de peso unitario, asentamiento y resistencia elaborado con agua potable y agua termal.

- Control durante la elaboración de concreto y los ensayos fueron realizados con equipos calibrados.

3.7.3. Fuente o normativa aplicada

- Especificaciones normalizadas para agregado fino debe cumplir con lo establecido en la norma (NTP 400.037, 2018) basado en la norma ASTM C 33

- Especificaciones normalizadas para agregado grueso debe cumplir con lo establecido en la norma NTP 400.037 – 2018 basado en la norma ASTM C 33

- Material más fino que la malla número 200 por lavado en agregados (NTP 400.018, 2002) o ASTM 117

- Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (NTP 400.011, 2013) revisado en 2013

- Peso unitario debe cumplir con lo establecido en la norma (NTP 400.017, 2011) o ASTM C 29

- Peso específico y absorción del agregado fino debe cumplir con lo establecido en la norma (NTP.400.022, 2013) o ASTM C 128.

- Peso específico y absorción para agregado grueso debe cumplir con lo establecido en la norma (NTP.400.021, 2002) o ASTM C 127

- Contenido de humedad de los agregados NTP 339.185 – 2013 o ASTM C535 NTP 339.185 - 2013 basado en la norma ASTM C 566-13

- Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012, 2001) revisada el 2018 de antecedente ASTM C 136

- Tamaño máximo: (NTP 400.037, 2018) o ASTM C 33
- Tamaño máximo nominal: (NTP 400.037 o ASTM C 33)
- Requisitos de calidad del agua para el concreto NTP 339.088
- Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams NTP 339.035; 1999
- Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (NTP 339.183, 2013)
- Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas NTP 339.034; 2008
- Resistencia a la compresión Normativa estipulada por ASTM C 39 y NTP 339.034.
- El muestreo de los agregados se realizó de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.010 - 2011
- La extracción y preparación de las muestras de agregados con (NTP 400.010, 2001) con antecedente ASTM D 75
- Procedimiento adecuado para la elaboración de concreto (NTP 339.036, 2017), ASTM C 172
- Método Estándar para la Elaboración de Probetas de Concreto (NTP 339.183, 2013), ASTM C 192
- Diseño de mezcla de concreto bajo los parámetros de la Norma ACI 211
- Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto, se realiza bajo los parámetros estipulados en la NTP 339.034 y ASTM C 39

3.8. Recolección de los materiales

3.8.1. Obtención de los materiales

Los materiales han sido sometidos a varios ensayos de caracterización para su verificación de estándares de calidad de la norma peruana y normas internacionales vigentes, evitar alteración o cambio alguno para la preparación de mezclas; para luego hacer pruebas a las propiedades del concreto que comprenden las variables y se emplearon los siguientes materiales.

- Agregados gruesos y agregados finos extraídos de cantera Ocopa (Lircay) y Orcotuna (Huancayo), respectivamente, estos son vendidos en la ciudad de Huancavelica.
- Cementos Andino Forte es comercializado para la construcción de obras en general, también llamado cemento hidráulico con bajo temperatura de hidratación, con peso específico entre 3,12 a 3,15.
- Agua termal para el diseño y curado de probetas extraído de la coordenada UTM WGS-84: Este = 502,809.00m y Sur = 8´586,850.00m
- Agua potable extraído del sistema de red de abastecimiento de EMAPA Huancavelica SA, con coordenadas UTM WGS-84: Este = 504,250.00m y Sur = 8´587,379.00m.

3.8.1.1. Agregados

Los agregado grueso y agregado fino extraídos de cantera Ocopa (Lircay) y Orcotuna (Huancayo), respectivamente, comercializado en el puente Agraria se encuentra ubicada en el sector San Cristóbal con coordenadas Este = 503,823.00m; Sur = 8´587,118.00m, este se encuentra a una distancia aproximada de 2+100 km de la plaza de armas de Huancavelica y a una distancia aproximada de 500.00 metros de la Universidad Nacional de Huancavelica, encontrándose en el centro (entre la plaza de armas y la

Universidad), el acceso es mediante pista. El muestreo y extracción y preparación de los agregados se fabrican de acuerdo a la norma NTP 400.010 (Norma Técnica Peruana, 2001). Al tener el agregado se sigue las indicaciones de la norma para la preparación y posterior análisis.

3.8.1.2. Agua

El agua empleados son provenientes de la piscina San Cristóbal y Universidad de Huancavelica (agua termal y agua potable), respectivamente, el primero ubicada en la piscina sector San Cristóbal con coordenadas UTM WGS-84: Este = 502,809.00m y Sur = 8´586,850.00m y el segundo ubicado en la red de abastecimiento de la universidad con coordenadas UTM WGS-84: Este = 504,250.00m y Sur = 8´587,379.00m.

Análisis físico-químico del agua: Se realizo los estudios de acuerdo los parámetros que nos especifica en la norma técnica peruana NTP 339.088, con ello se determinó la cantidad de componentes físico-químicos nocivos para el concreto estén presentes en el agua termal. La calidad del agua, determinada por análisis de laboratorio está sujeta a los valores que se indican a continuación.

Tabla 9

Límite permisible de sustancias disueltas según MTC.

Descripción	Máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
pH	> 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Material orgánico	10 ppm

Nota. *Fuente.: Extraído del libro "Diseño de Mezclas" de Rivva López.

Donde la NTP 339.088 considera apta para la preparación y curado de concreto, aquella agua cuya propiedad y sustancia disueltas que están dentro de los siguientes límites:

Tabla 10

Límite permisible de sustancias disueltas según NTP.

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5000 ppm
Materia orgánica	3 ppm
Alcalinidad (NaCHCO_3)	1000 ppm
Sulfatos (ion SO_4)	600 ppm
Cloruros (ion Cl)	1000 ppm
pH	5 a 8

Nota. *Fuente: Extraído de la norma NTP 339.088.

3.8.1.2.1. Agua termal

Las muestras de agua termal que se utiliza para la fabricación de los cubos cilíndricos de concreto fueron obtenidas de la piscina San Cristóbal, Huancavelica, Perú, al costado de la plaza de toros de Huancavelica. La manera que se tuvo el agua es mediante solicitud a la municipalidad de Huancavelica, dicha entidad nos facilitó la extracción del agua para el análisis y ensayos.

Para evitar las posibles alteraciones en la elaboración de concreto y tener un mejer resultado la recolección que hicimos se vio en temporada y clima adecuado, el agua fue recogida de la piscina San Cristóbal después de iniciada la recolección se puso en frasco brindados por el laboratorio encargado del análisis, debido a que de esta manera se logra una disminución en el nivel de contaminación de esta.

Luego de la obtención de las muestras, estas fueron enviados a Lima para su análisis ya que en la ciudad de Huancavelica no se cuenta con laboratorio de análisis de agua acreditados ya conociendo sus propiedades fueron trasladados al laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad de Huancavelica para posterior ser utilizado.

El procedimiento de recolección de agua será de la siguiente manera:

- Se estableció un punto de extracción de agua termal del barrio San Cristóbal.

- Los envases utilizados para el muestreo de las muestras de análisis físico, químico y microbiológico son frascos de plástico de 1 L de capacidad.
- La porción de agua recolectada ha sido tomada de la piscina San Cristóbal en un cilindro de plástico, para el análisis de prueba correspondiente.
- Posteriormente serán trasladadas al laboratorio.
- Obtenidos los resultados del análisis químico físico y microbiológico se procederá a la fabricación de 72 probetas con sus respectivas dosificaciones.

3.8.1.2.2. Agua potable

Se tomo las muestras de agua potable del campus de la universidad Nacional de Huancavelica que son abastecidas por EMAPA, por lo tanto, para la obtención del agua potable no se tuvo ningún problema tampoco hubo inconvenientes.

3.8.1.3. Cemento

El cemento seleccionado fue tomando en consideración que sea uno de los que se vende y comercializa más en la ciudad de Huancavelica por ello se tomos el cemento Andino Forte para el proyecto de investigación. El cemento Andino Forte es fabricado por UNACEM S.A.A. en el 2018 fue el principal proveedor de cemento, durante el periodo de referencia tuvo una participación en nuestro.

3.9. Estudio de propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Para determinar las propiedades de los agregados, se han desarrollado los siguientes ensayos: material fino que pasa por el tamiz número 200, tamaño máximo, tamaño máximo nominal, módulo de fineza, análisis granulométrico, peso específico, absorción, peso unitario, contenido de humedad.

3.9.1. Material fino que pasa por el tamiz número 200

Este ensayo se hace por lavado las partículas que pasan por el tamiz número 200 de 75 mm como son los: limos, arcillas y materiales solubles en agua. Primero se seca el agregado y luego se pesa en un recipiente, luego agregamos agua limpia para cubrir todo, agitamos y movemos el contenido de recipiente hasta estar bien lavado, luego vertemos sobre el tamiz número 200 y cuando hallamos logrado la separación de las partículas más finas pesamos la muestra.

3.9.2. Tamaño máximo

Este es el tamiz más pequeño a través del cual pasa toda la muestra de agregado por el tamizado. Es un tamaño mayor que aquel a través del cual pase el 100%, este es importante para seleccionar proporciones de agregados que resulten coherentes con los requisitos de agua para la mezcla.

3.9.3. Tamaño máximo nominal

Este es el tamiz más pequeño a través del cual pasa la mayor parte de la muestra de agregado por el tamizado, se denomina al tamiz de mayor abertura que deja pasar como mínimo un 95% de la muestra.

3.9.4. Módulo de fineza

Módulo de fineza del agregado es la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices 3", 1 ½", ¾, 3/8", Nº 4, Nº 8, Nº 16, Nº 30, Nº 50, Nº 100 y esta cantidad es dividido entre 100.

$$\mathrm{Mf} = \frac{\Sigma\%\mathrm{Ra}(3'', 1\ ½''+, ¾'' + \ 3/8'' + \mathrm{N°4} + \mathrm{N°8} + \mathrm{N°16} + \mathrm{N°30} + \mathrm{N°50} + \mathrm{N°100})}{100}$$

Esta fórmula se utilizó en el agregado grueso y fino. La norma ASTM C33 establece que los agregados finos tienen un módulo de finura entre 2,30 y 3,10

3.9.5. Análisis granulométrico o granulometría

Primero los separamos el material por la malla Nº4, lo que queda será agregado grueso y el que pase el fino, buscamos que los materiales estén secos y libres de impurezas, donde se tomó la muestra de agregado grueso 5000 y agregado fino de 3000 gramos, teniendo los pesos secos de las muestras se trabaja por separado primero se hizo el tamizado del agregado grueso luego el agregado fino. Después vertimos el material en el juego de tamices y comenzamos el proceso de tamizar y realizamos movimientos de zigzag con golpes suaves y girando el conjunto para esto ya se encarga la máquina del laboratorio para que el agregado grueso o fino se asiente en su respectivo tamiz hasta obtener peso firme en cada tamiz y finalmente se miden las masas de cada tamiz.

Equipo y Materiales

- ✓ Muestra de agregado grueso y fino
- ✓ Balanza
- ✓ Tamices que cumplan la NTP o ASTM se incluye base y tapa a cada agregado
- ✓ Tamices de serie gruesa y fina
- ✓ Recipiente
- ✓ Pala
- ✓ Badilejos
- ✓ horno eléctrico a 105 +/- 5ºC

Fórmulas.

- ➢ Porcentaje retenido parcial:

$$\%\mathrm{Rp} = \frac{\mathrm{Wr}}{\mathrm{Wm}} * 100$$

Donde:

- %Rp: Porcentaje retenido parcial.
- Wr: Peso retenido.

- Wm: Peso de la muestra.

➢ Porcentaje de muestra retenido acumulado:

$$\%Ra = \Sigma\%Rp$$

Donde:

- %Ra: Porcentaje de muestra retenido acumulado.
- Σ %Rp: sumatoria del porcentaje retenido parcial.

➢ Porcentaje de muestra que pasa el tamiz:

$$\%Pt = 100 - \%Ra$$

Donde:

- %Pt: Porcentaje que pasa el tamiz.
- %Ra: Porcentaje retenido acumulado.

3.9.6. Peso específico y absorción

3.9.6.1. Peso específico

Se obtenido los siguientes ensayos en el laboratorio peso específico, peso específico de masa seca, peso específico de masa saturada superficialmente seco y peso específico aparente como de agregado grueso y fino.

(a) Peso específico de agregado grueso:

Según el MTC E 206 se tomó una muestra que sea representativa de 3500 kilogramos para el TMN de 1”

Equipo y Materiales

- ✓ Canastilla de alambre
- ✓ Recipiente para el sumergimiento de la canastilla
- ✓ Balanza
- ✓ Horno eléctrico

- ✓ Recipiente para el agregado grueso

Procedimiento

En primer lugar, lavamos los agregados para eliminar el polvo de sus superficies del material y este fue sumergido en agua durante 24 horas. Luego se retira cuidadosamente el agregado y se vierte sobre una tela absorbente en seguida se secan los fragmentos de agregado mediante secado manual para eliminar el agua visible en la superficie, de esta manera se determina el peso saturado y el seco superficialmente, finalmente se tamizan por la maya Nº 4. Donde tomamos una muestra de 3500 gramos para el ensayo.

(b) Peso específico de agregado fino:

Se selecciona una muestra de aproximadamente 1 kilogramo, para asegurar que el agregado pasante por la malla Nº 4

Equipo y Materiales

- ✓ Balanza
- ✓ Horno eléctrico
- ✓ Recipiente para el agregado grueso

Procedimiento

Primero se sumerge la muestra de agregado fino en un recipiente con agua por un tiempo de 24 horas para lograr su saturación al 100% del material. Una vez saturado comenzamos el proceso de secado se expone al aire con corriente suave y caliente.A continuación tomamos el material y rellenamos el tronco de cono con cuidado y se somete a un impacto de pequeña fuerza con 25 golpes en la superficie después se retira el cono y verificamos el desmoronamiento esto nos indica el estado saturado superficialmente seco del agregado después se toma un material de 500 gramos para determinar el peso por

último se pesa el picnómetro después peso del picnómetro más agua más agregado y después el proceso de secado .

Fórmulas.

- **Agregado fino**

$$Wes.ma = \frac{Ws}{Vfio - Wag}$$

Donde:

- $Wes.ma$ = peso específico de la masa
- Ws = Peso de la arena seca (gramos)
- Vfio = Volumen de fiola (cm³)
- Wag = Peso de agua (gramos)

$$W.e.m.s.s.s = 500/(V - W)$$

Donde:

- $W.e.m.s.s.s$ = Peso específico de masa saturado superficialmente seco
- Vfio = Volumen de fiola (cm³)
- Wag = Peso de agua (gramos)

$$W.e.a = \frac{\text{Pare}}{(Vfio - Wag) - (500 - \text{Pare})}$$

Donde:

- $W.e.a$ = Peso específico aparente
- Pare = Peso de arena seca (gramos)
- Vfio = Volumen de fiola (cm³)
- Wag = Peso de agua (gramos)

- **Agregado grueso**

$$W1.e.m = \frac{A1}{B1 - C1}$$

Donde:

- $W1.e.m$ = Peso específico de masa
- A1 = Peso de muestra seca (gramos)
- B1 = Peso de muestra saturada con superficie seca (gramos)
- C1 = Peso de muestra saturada dentro del agua (gramos)

$$W.e.m.s.s.s = B1/\ (B1 - C1)$$

Donde:

- $W1.e.m.s.s.s$ = Peso específico de masa saturado superficialmente seco
- B1 = Peso de la muestra saturada con superficie seca (gramos)
- C1 = Peso de la muestra saturada dentro del agua (gramos)

$$W1.e.a\ = \frac{A}{(A - C)}$$

Donde:

- $W1.e.a$ = Peso específico aparente
- A1 = Peso de muestra seca (gramos)
- C1= Peso de muestra saturada dentro del agua (gramos)

3.9.6.2. Absorción

Se cálculo de acuerdo a la formula sencilla que se muestra en siguiente.

Fórmulas.

- **Agregado fino**

$$\%Abs = \frac{(500 - A1)\ x\ 100}{A1}$$

Donde:

- $\%Abs$ = Porcentaje de absorción

- A1 = Peso de arena seca (gramos)

❖ **Agregado grueso**

$$\%Abs = \frac{B1 - A1}{A1}\ x\ 100$$

Donde:

- $\%Abs$ = Porcentaje de absorción
- B1 = Peso de muestra saturada con superficie seca (gramos)
- A1 = Peso de muestra seca (gramos)

3.10. Diseño de mezclas

Podemos realizar el diseño de mezclas con los diferentes métodos estos son método de ACI, Combinación de agregados, Fuller, Walker, se dio prioridad a usar el método ACI ya que fue sugerido por varios investigadores y especialistas en la materia.

El diseño de la mezcla de concreto se realizó de acuerdo a los parámetros especificados en la norma (ACI211, 1997), en la cual se determinará la relación óptima de los componentes del concreto para preparar concreto de f´c=210 kg/cm2, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Resistencia de diseño
- ✓ Peso específico del cemento
- ✓ Peso específico del agregado grueso
- ✓ Peso específico del agregado fino
- ✓ Asentamiento de diseño
- ✓ Relación agua - cemento

- ✓ Cantidad de agua por m³ de concreto

Pasos para el diseño de mezclas

El método ACI 211.1 resume el proceso de diseño de la mezcla de concreto en nueve pasos estas son:

- ✓ Primero: se realizó asentamiento o revenimiento
- ✓ Segundo: obtención el tamaño máximo de agregado
- ✓ Tercero: se calculó el agua de mezclado y el contenido de aire
- ✓ Cuarto: se determinó de la relación agua - cemento
- ✓ Quinto: se calculó del contenido de cemento
- ✓ Sexto: se pesó el contenido de agregado grueso
- ✓ Séptimo: se pesó contenido de agregado fino
- ✓ Octavo: se realizó el ajuste por humedad del agregado
- ✓ Noveno: se realizó el ajuste en las mezclas de prueba de agua – cemento

3.10.1. Diseño de mezcla para f'c 210 kg/cm2 - Método: ACI

A continuación, mostraremos el procedimiento del diseño de mezcla del concreto, este será tanto para el control como para el experimental con diferencia de que en uno será agua potable y en otra agua termal.

A. Elección de la resistencia promedio

Dado que no tenemos un registro de los resultados que nos permita calcular la desviación estándar, entonces la resistencia promedio requerida debe determinarse teniendo en cuenta la **Tabla 11** los resultados de esta.

Tabla 11

Resistencia a la compresión promedio.

f'c(kg/cm²)	f'cr(kg/cm²)
menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
sobre 350	f'c + 98

Fuente: ACI 211.1

Por lo tanto, utilizamos para f'cr según la tabla y los datos es la siguiente formula f'cr = 210 + 84 = 294 kg/cm².

B. Selección del tamaño máximo nominal del agregado

En este caso el tamaño máximo nominal fue: 1"

C. Elección del asentamiento

En este caso elegimos un Slump de: 3" a 4" según la norma.

D. Elección de volumen unitario de agua de diseño

Según la **Tabla 12** ubicamos la relación de tamaño máximo nominal es 1" y el asentamiento en este caso es de 3" a 4" de esta manera se determinamos el volumen unitario agua de diseño.

Tabla 12

Volumen unitario de agua de diseño.

Asentamiento	Agua en lt/m³ para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8''	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto 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	--
Concreto 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	--

Fuente: Extraído de la norma ACI 211.1

Para este caso el diseño el agua será de 193 lt/m³.

E. Selección del contenido de aire.

Tabla 13

Contenido de aire atrapado

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Nota. *Fuente: Extraído de la norma ACI 211.1

Para el contenido de aire incorporado para el agregado grueso de TMN 1" será de 1.5%.

F. Selección de la relación agua-cemento (a/c)

Tabla 14

Relación agua - cemento por resistencia

f'cr (28 días)	Relación agua - cemento diseño en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.45
350	0.48	0.39
400	0.42	--
450	0.38	--

Nota. *Fuente: Extraído de la norma ACI 211.1

Según la **Tabla 14** con la relación de f'cr y sin aire incorporado determinamos la relación de agua cemento interpolando tenemos 0.558.

G. Factor cemento

Para calcular el contenido de cemento, es necesario saber el volumen unitario de agua y la relación agua - cemento (a/c); Con cifras de 193 lt/m³ de agua y a/c=0.558, calculamos el contenido de cemento m³ de concreto dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua - cemento (a/c).

Contenido de cemento = 193 kg/0.558

Contenido de cemento = 345.87 kg

Cantidad de bolsas = 345.87/42.5

Cantidad de bolsas = 8.14 bolsas.

Factor cemento = 193 / 0.558 = 345.87 kg/m³ = 8.14 bolsas/m³.

H. Contenido de agregado grueso

Tabla 15

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño máximo nominal	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de Volumen del concreto para diversos módulos de fineza			
	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 1/2"	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

Nota. *Fuente: Extraído de la norma ACI 211.1

Para calcular la proporción del agregado grueso, se necesita el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino para obtener el volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto

(b/b₀), este valor obtenido con la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. m ultiplicado por el peso unitario seco compactado del agregado grueso. En este caso, teniendo el tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1" tenemos MF=2.83.

$$2.83 - 2.80 / 3.00 - 2.80 = b/b_o - 0.67 / 0.65 - 0.67$$

$$0.03 / 0.20 = (b/b_o - 0.67) / -0.02$$

$$b/b_o = 0.15 * -0.02 + 0.67$$

$$b/b_o = 0.667$$

Entonces:

El contenido del agregado grueso = 0.667 m^3∗1530 kg/m^3

El contenido de agregado grueso = 1020.51 kg

I. Cálculo de volúmenes absolutos

Después de conocer los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, procedemos a calcular la suma de volúmenes absolutos ingredientes de estos.

Según análisis físico químico de minerales proporcionados por el área de control de calidad de la UNACEM, el peso específico del cemento andino = 3.12

Volumen absoluto de:

Cemento: 345.87 / 3.12 x 1000 = 0.111 m^3

Agua: 193 / 1 x 1000 = 0.193 m^3

Aire: 0.015 / 1 x 1 = 0.015 m^3

Entonces:

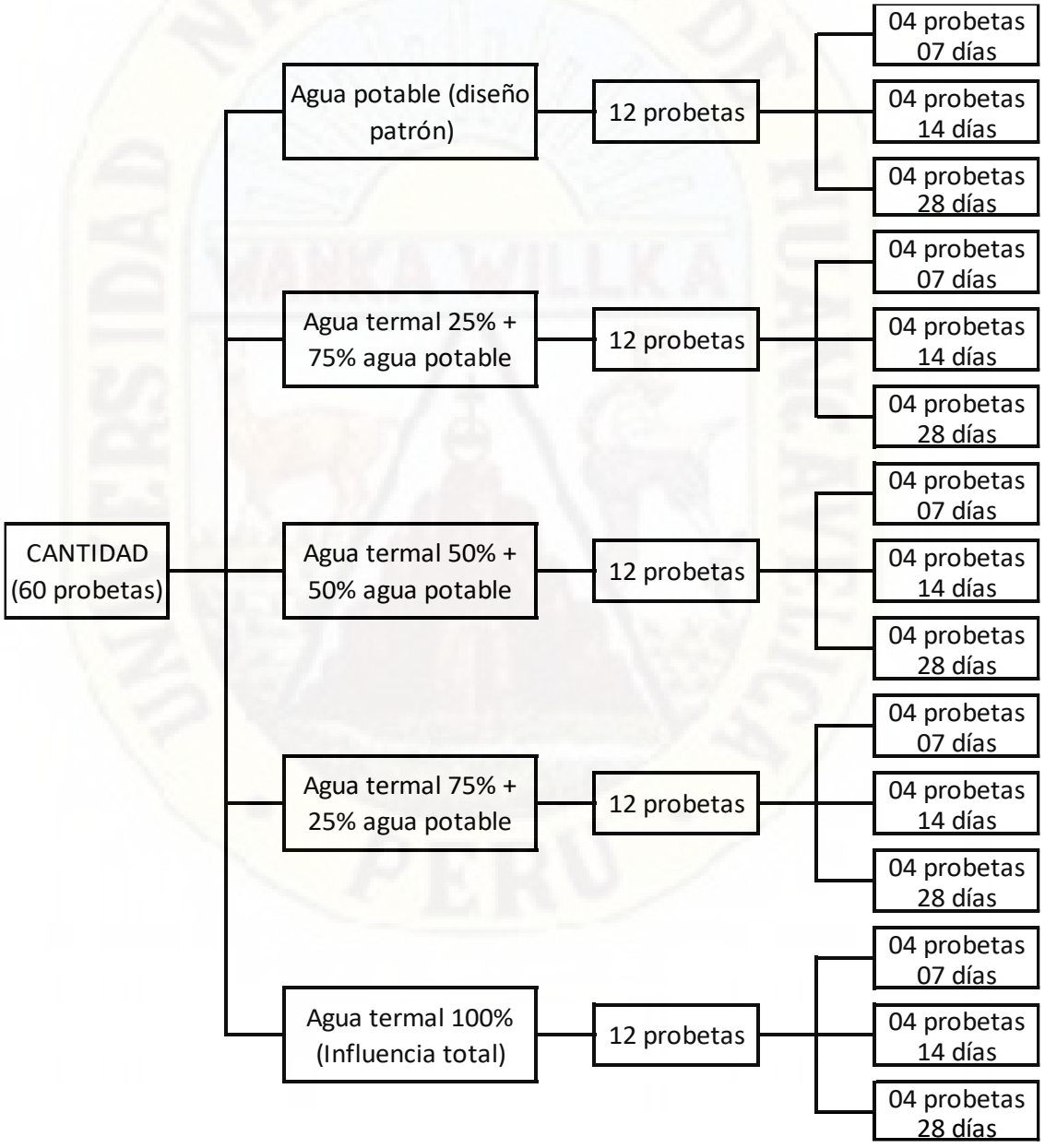
Agregado grueso: 1020.51 / 2.60 x 1000 = 0.393 m^3

Suma de los volúmenes conocidos: = 0.712 m^3

3.11. Elaboración de probetas de concreto

3.11.1. Determinación de la cantidad de probetas

Para determinara la cantidad de probetas se hizo teniendo en cuenta las especificaciones que nos da la norma técnica peruana NTP 339.033 y también de la norma ASTM C31.



Fuente: Elaboración propia

En esta investigación se elabora 60 muestras para los distintos porcentajes las probetas serán de 6” (150mm) x 12” (300mm), también elaboramos una unidad de extra en caso de daños en el proceso de elaboración del concreto como en desencofrado, curado y manipulación durante los ensayos, no tuvimos problemas en el proceso o manipulación y descartamos pocas probetas al encontrarse en buen estado y haber realizado correctamente los ensayos.

3.11.2. Elaboración del concreto

Para la elaboración de las probetas de concreto de distintos porcentajes, determinamos el peso de los materiales de acuerdo a la cantidad de probetas de concreto que vamos a elaborar.

Para el proceso de mezclado de concreto hicimos a máquina, usando una mezcladora eléctrica de concreto tipo trompo; pues el laboratorio de la universidad de Huancavelica cuenta con una mezcladora en buenas condiciones para ser usado.

Los equipos y materiales utilizados para elaborar una muestra representativa de probeta de concreto es el mismo para todas las mezclas de concreto y los describimos a continuación:

Materiales y equipos

- ✓ Mezcladora tipo trompo
- ✓ Carretilla
- ✓ Cono de Abrams
- ✓ Cuchara metálica
- ✓ Pala
- ✓ plancha de albañilería
- ✓ Baldes

- ✓ Balanza eléctrica
- ✓ Badilejo

Procedimiento

El procedimiento utilizado para elaborar una muestra representativa de probeta de concreto debe ser moldeada y curada siguiendo los procedimientos son los mismos para todas las mezclas de concreto y se describen a continuación:

- ✓ Antes de preparar el concreto se realiza una corrección de humedades, para obtener el contenido de humedad de los agregados.
- ✓ Se procede a pesar cada uno de los integrantes es decir los materiales especificados en el diseño de la mezcla, estos materiales fueron agregados en el trompo de mezclado.
- ✓ Antes de comenzar a mezclar, se humedece la mezcladora.
- ✓ Iniciamos con el movimiento giratorio de la mezcladora, primero se coloca agua, seguido por cemento y por último añadimos agregado grueso, agregado fino, tenemos que dejar que se mezcle por lo menos 1 minuto.
- ✓ Una vez preparada la mezcla, se coloca el concreto en una carretilla para determinar el asentamiento de la mezcla utilizando cono de Abrams, teniendo en cuenta lo especificado en la norma.
- ✓ Se arma cada cilindro estándar de 15 cm o 6” de diámetro y 30 cm o 12” de alto, y cada cilindro se lubrica con petróleo.
- ✓ Cada molde se llena con tres capas de igual volumen aproximadamente. Cada capa se compacta golpeando 25 veces, utilizando una varilla compactadora. Finalmente,

las paredes del molde se golpean ligeramente para eliminar los orificios dejados por la varilla de compactación.

- ✓ Con ayuda de la varilla y la plancha de albañilería se enrasa cada cilindro, de manera que la superficie quede lisa y al ras con el borde del molde.
- ✓ Luego de ello se procede a pesar el molde incluido la mezcla el concreto para calcular el peso unitario fresco
- ✓ Después de 24 horas procedemos a desencofrar cuidadosamente cada probeta y estas fueron identificadas con un marcador en su parte superior.
- ✓ Finalmente procedemos a realizar el curado de las probetas, una vez preparadas las muestras se ensayaron en peso unitario y resistencia a la compresión a diferentes edades.

3.11.3. Curado

Después de fabricar las probetas cilíndricas de concreto utilizadas para las pruebas, se colocan en una superficie nivelada y se mantuvieron en sus respectivos moldes durante 24 horas.

Transcurridas las 24 horas, las probetas son desmoldadas tratando con cuidado y evitarse daños o se desprenda el concreto. Después de retirar el molde y marcar el espécimen con etiqueta para identificarlo plenamente, las bloques de concreto son etiquetadas apropiadamente en la parte superior para un reconocimiento.

Después de completar el curado inicial y dentro de los 30 min posteriores a la extracción del molde, los moldes de concreto deben curarse manteniendo agua en su superficie en todo momento.

Según la norma (ASTM C 192 - Preparación y curado de las muestras de ensayo de hormigón en laboratorio): “las muestras deben ser sumergidas en agua o en un ambiente con un 95% de humedad relativa y a una temperatura mínima de 23 ± 2 °C, en lo posible

se ha tratado de mantener la temperatura del agua de curado a 23 °C", usando agua de los tanques de almacenamientos, finalmente transcurrido los 7,14, 28 días del curado en la poza, retiramos para los respectivos ensayos**.**

3.12. Ensayos en concreto fresco

3.12.1. Ensayo de asentamiento

El ensayo fue realizado en el laboratorio de UNH que consistió de la siguiente manera, llenar el molde de cono de abrams en tres capas de igual volumen, la primera se llena un tercio de profundidad, la segunda hasta dos tercios y la tercera hasta el borde superior del molde, golpeando 25 veces con la varilla de manera que la distribución del golpe sea homogénea en cada capa, obteniendo un asentamiento comprendido entre 3" y 4".

El ensayo de asentamiento fue el primero que se hace, para ver la relación de agua cemento o la trabajabilidad del concreto en estado fresco. Donde se tomó cuatro muestras de concreto recién hecho donde se hizo el ensayo de manera ordenada retirando el molde y verificamos la altura del concreto.

Equipos y Materiales:

- ✓ Balanza
- ✓ Molde (Cono de Abrams)
- ✓ Varilla
- ✓ Plancha metálica
- ✓ Agregado grueso y fino
- ✓ Cemento andino
- ✓ Agua potable

- ✓ Agua termal

Procedimiento:

- ✓ Primero el molde se humedece y lo colocamos sobre una superficie horizontal rígida, resistente a la humedad y al agua. Se llena con la muestra de concreto en tres capas, cada capa de un tercio de volumen del molde correspondiente a una altura de 65 mm; dos tercios del volumen corresponde a una altura de 155 mm.
- ✓ Compactar cada capa con golpes de varilla 25 veces, cuando llene la capa superior nivelamos el concreto haciendo rodar horizontalmente la varilla sobre el borde superior del molde.
- ✓ El alzado del molde toma un tiempo aproximado de 5 a 10 segundos, se levanta con cuidado verticalmente de un solo movimiento sin giros.
- ✓ Toda la operación, es decir desde el inicio de llenado del molde hasta el retiro del molde, debe realizarse sin interrupción por un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos.
- ✓ Después medimos el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro de la parte superior de la mezcla.

Tabla 16

Formas de consistencia.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0” a 2”	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3” a 4”	trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	Mayor a 5”	Muy trabajable	chuseado

Nota. *Fuente: Extraído de Abanto C.

Tabla 17

Revenimientos recomendables.

Construcción de Concreto	Revenimiento mm (pulgada)	
	Máximo*	Mínimo

Zapatas y muros de cimentación reforzado	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)
Concreto masivo	50 (2)	25 (1)

Fuente: Extraído de la norma ACI 211.1.

No fue necesario la utilización de una fórmula ya que con la medición se tenía los resultados del ensayo de las cuatro muestras realizadas.

3.12.2. Ensayo de peso unitario

Equipos y materiales

- ✓ Moldes cilíndricos de diámetro varía de 15 a 15.5 cm y la altura de 30 a 30.5 cm.
- ✓ Pala
- ✓ Cucharón
- ✓ Mazo de goma
- ✓ plancha metálica

Procedimiento

- ✓ Se coloca el molde de cilindros sobre una superficie horizontal rígida, resistente a la humedad y al agua.
- ✓ El molde cilíndrico debe estar limpio, se engrasa el interior con petróleo es decir la pared y la base.
- ✓ El molde de 6”x12” es llenado en tres volúmenes iguales, cada volumen se compacta con la varilla de 5/8” golpeando 25 veces cada capa.

- ✓ Vertimos concreto en el molde, primero llenamos en 1/3 de volumen, se ha chuseado 25 veces, luego usamos el martillo de goma para ser golpeado 12 veces alrededor del molde, luego procedimos a llenar los 2/3 de volumen, el chuseado y uso de goma será el mismo que para el volumen de 1/3.

- ✓ Se nivela la parte superior del molde con regla y/o plancha metálica, para tener una superficie plana.

- ✓ Por último, se marcó en la superficie de la probeta la fecha y que dosificación de porcentaje de agua termal.

Fórmula

$$\text{PesoUnit} = \frac{\text{Wm}}{\text{Vr}}$$

Donde:

- PesoUnit: Peso unitario.
- Wm: Peso de muestra.
- Vr: Volumen de recipiente.

Tabla 18

Peso unitario en kg/m3 de agua potable (control)

Probeta	Diámetro	Altura	Volumen	Peso de probeta	Peso de probeta más concreto	Peso unitario
1	152.31	30.50	0.00556	10.11	23.08	2334.02
2	152.00	30.50	0.00553	10.23	22.84	2279.47
3	152.22	30.50	0.00555	10.19	23.25	2353.06
4	151.88	30.50	0.00553	10.21	23.19	2349.00
5	152.04	30.50	0.00554	10.05	23.18	2370.12
6	151.40	30.50	0.00549	10.02	22.81	2329.44
7	152.11	30.50	0.00554	10.07	22.82	2299.57
8	152.00	30.50	0.00553	10.12	23.00	2326.20
9	151.46	30.50	0.00550	10.24	23.15	2348.40
10	151.78	30.50	0.00552	10.03	22.77	2308.51

11	151.80	30.50	0.00552	10.12	23.12	2355.10
12	151.39	30.50	0.00549	10.12	23.09	2363.27
					Promedio	**2147.33**

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Peso unitario en kg/m3 de 25% de agua termal

Probeta	Diámetro	Altura	Volumen	Peso de probeta	Peso de probeta más concreto	Peso unitario
1	152.06	30.50	0.00554	10.22	23.15	2335.44
2	152.12	30.50	0.00554	10.10	23.02	2329.75
3	151.46	30.50	0.00549	10.17	23.18	2366.72
4	151.18	30.50	0.00547	10.04	22.93	2354.37
5	152.16	30.50	0.00555	10.06	22.99	2330.45
6	151.49	30.50	0.00550	10.00	22.99	2363.91
7	152.04	30.50	0.00554	10.16	23.07	2330.40
8	151.95	30.50	0.00553	10.20	23.11	2333.34
9	151.90	30.50	0.00553	10.06	22.84	2312.32
10	151.27	30.50	0.00548	10.10	22.87	2330.53
11	151.82	30.50	0.00552	10.24	23.16	2339.87
12	151.69	30.50	0.00551	10.06	22.89	2327.62
					Promedio	**2147.34**

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Peso unitario en kg/m3 de 50% de agua termal

Probeta	Diámetro	Altura	Volumen	Peso de probeta	Peso de probeta más concreto	Peso unitario
1	152.10	30.50	0.00554	10.00	22.91	2329.58
2	152.17	30.50	0.00555	10.20	23.14	2332.91
3	152.20	30.50	0.00555	10.17	23.12	2332.95
4	151.30	30.50	0.00548	10.02	22.89	2347.11
5	152.23	30.50	0.00555	10.10	23.01	2325.67
6	152.04	30.50	0.00554	10.19	23.18	2344.97
7	151.40	30.50	0.00549	10.09	22.93	2337.51
8	151.46	30.50	0.00550	10.06	22.84	2325.65
9	151.81	30.50	0.00552	10.17	23.04	2330.28
10	152.31	30.50	0.00556	10.12	23.06	2328.62

11	152.31	30.50	0.00556	10.24	23.14	2322.32
12	152.31	30.50	0.00556	10.06	22.84	2298.93
					Promedio	**2146.86**

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Peso unitario en kg/m3 de 75% de agua termal

Probeta	Diámetro	Altura	Volumen	Peso de probeta	Peso de probeta más concreto	Peso unitario
1	152.34	30.50	0.00556	10.07	22.82	2292.45
2	151.97	30.50	0.00553	10.01	22.79	2310.01
3	152.19	30.50	0.00555	10.12	23.05	2330.49
4	152.12	30.50	0.00554	9.97	22.94	2340.70
5	151.42	30.50	0.00549	10.24	23.22	2363.30
6	151.30	30.50	0.00548	10.21	23.31	2389.84
7	152.11	30.50	0.00554	10.02	22.81	2307.69
8	151.98	30.50	0.00553	10.09	22.86	2308.08
9	151.98	30.50	0.00553	10.18	23.05	2326.03
10	151.91	30.50	0.00553	10.16	23.00	2321.74
11	151.23	30.50	0.00548	10.15	22.95	2336.49
12	151.30	30.50	0.00548	10.13	22.90	2327.94
					Promedio	**2146.33**

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Peso unitario en kg/m3 de 100% de agua termal

Probeta	Diámetro	Altura	Volumen	Peso de probeta	Peso de probeta más concreto	Peso unitario
1	152.03	30.50	0.00554	10.01	22.89	2326.25
2	152.06	30.50	0.00554	10.05	23.00	2338.81
3	152.18	30.50	0.00555	10.10	22.94	2315.54
4	151.32	30.50	0.00549	10.20	23.28	2383.74
5	152.20	30.50	0.00555	10.06	22.96	2323.82
6	152.15	30.50	0.00555	10.18	23.13	2335.33
7	151.43	30.50	0.00549	10.24	23.23	2365.78
8	151.35	30.50	0.00549	10.11	23.03	2354.49
9	151.96	30.50	0.00553	10.22	23.11	2330.26
10	151.24	30.50	0.00548	10.02	22.85	2341.55

11	151.57	30.50	0.00550	10.09	23.07	2357.82
12	151.70	30.50	0.00551	10.18	23.09	2342.89
					Promedio	**2146.21**

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Mostraremos en los cuadros anteriores el resumen de pesos unitarios obtenidas a los 7, 14 y 28 días para probetas de concreto con agua potable (control) y probetas de concreto con agua termal (experimental) de 25%, 50%, 75% y 100% las diferentes dosificaciones y la influencia total del agua termal, estos cuadros serán necesarios para su posterior análisis y discusión de resultados los valores van a ser similares entre ellos, todo estos datos también están en nuestro artículos científico Untiveros el at. (2021) .

3.13. Ensayo en concreto endurecido

3.13.1. Ensayo de peso unitario

Los equipos y materiales son los mismos que utilizamos el peso unitario de concreto fresco con la diferencia que son ensayados a 7, 14 y 28 días.

El procedimiento es el mismo al peso unitario de concreto fresco con la diferencia de que son ensayados a 7, 14 y 28 días.

En los cuadros siguientes mostramos el resumen los pesos unitarios obtenidas a los 7, 14 y 28 días para probetas de concreto con agua potable (control) y probetas de concreto con agua termal (experimental) de 25%, 50%, 75% y 100% las diferentes dosificaciones y la influencia total del agua termal con altura estándar de 30.5 cm de las probetas, estos cuadros serán necesarios para su posterior análisis y discusión de resultados los valores van a ser similares entre ellos.

Tabla 23

Peso unitario en kg/m3 de agua potable (control)

Probeta	Diámetro	Edad	Volumen	Peso de probeta	Peso unitario	Promedio
1	152.31	7 días	0.00556	12.92	2324.12	2325.73
2	152.00	7 días	0.00553	12.95	2340.00	
3	152.22	7 días	0.00555	12.96	2335.04	
4	151.88	7 días	0.00553	12.73	2303.76	
5	152.04	14 días	0.00554	13.00	2347.55	2335.16
6	151.40	14 días	0.00549	12.79	2329.44	
7	152.11	14 días	0.00554	12.96	2338.36	
8	152.00	14 días	0.00553	12.87	2325.30	
9	151.46	28 días	0.00550	12.71	2312.92	2322.89
10	151.78	28 días	0.00552	12.85	2328.44	
11	151.80	28 días	0.00552	12.88	2333.36	
12	151.39	28 días	0.00549	12.72	2316.83	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Peso unitario en kg/m3 de 25% de agua termal

Probeta	Diámetro	Edad	Volumen	Peso de probeta	Peso unitario	Promedio
1	152.06	7 días	0.00554	12.88	2324.61	2311.20
2	152.12	7 días	0.00554	12.63	2277.44	
3	151.46	7 días	0.00549	12.73	2316.68	
4	151.18	7 días	0.00547	12.74	2326.06	
5	152.16	14 días	0.00555	12.92	2329.55	2330.89
6	151.49	14 días	0.00550	12.83	2332.98	
7	152.04	14 días	0.00554	12.90	2328.59	
8	151.95	14 días	0.00553	12.90	2332.44	
9	151.90	28 días	0.00553	13.00	2352.13	2350.08
10	151.27	28 días	0.00548	12.88	2349.68	
11	151.82	28 días	0.00552	12.93	2341.68	

12	151.69	28 días	0.00551	12.99	2356.64	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Peso unitario en kg/m3 de 50% de agua termal

Probeta	Diámetro	Edad	Volumen	Peso de probeta	Peso unitario	Promedio
1	152.10	7 días	0.00554	12.88	2323.27	
2	152.17	7 días	0.00555	12.92	2329.30	2329.31
3	152.20	7 días	0.00555	12.90	2324.84	
4	151.30	7 días	0.00548	12.83	2339.82	
5	152.23	14 días	0.00555	12.89	2321.16	
6	152.04	14 días	0.00554	12.97	2341.35	2330.51
7	151.40	14 días	0.00549	12.83	2335.69	
8	151.46	14 días	0.00550	12.77	2323.83	
9	151.81	28 días	0.00552	12.92	2339.34	
10	152.31	28 días	0.00556	12.90	2321.42	2320.28
11	152.31	28 días	0.00556	12.90	2321.42	
12	152.31	28 días	0.00556	12.78	2298.93	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Peso unitario en kg/m3 de 75% de agua termal

Probeta	Diámetro	Edad	Volumen	Peso de probeta	Peso unitario	Promedio
1	152.34	7 días	0.00556	12.68	2279.86	
2	151.97	7 días	0.00553	12.89	2329.89	2327.90
3	152.19	7 días	0.00555	13.05	2351.22	
4	152.12	7 días	0.00554	13.03	2350.62	
5	151.42	14 días	0.00549	12.79	2327.79	
6	151.30	14 días	0.00548	12.75	2325.11	2323.71
7	152.11	14 días	0.00554	12.87	2321.22	
8	151.98	14 días	0.00553	12.84	2320.73	

9	151.98	28 días	0.00553	13.00	2349.53	2347.49
10	151.91	28 días	0.00553	13.14	2376.01	
11	151.23	28 días	0.00548	12.77	2330.10	
12	151.30	28 días	0.00548	12.80	2334.33	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Peso unitario en kg/m3 de 100% de agua termal

Probeta	Diámetro	Edad	Volumen	Peso de probeta	Peso unitario	Promedio
1	152.03	7 días	0.00554	13.01	2349.73	2339.18
2	152.06	7 días	0.00554	12.95	2337.91	
3	152.18	7 días	0.00555	12.91	2327.26	
4	151.32	7 días	0.00549	12.85	2341.81	
5	152.20	14 días	0.00555	13.00	2342.74	2345.03
6	152.15	14 días	0.00555	12.95	2334.42	
7	151.43	14 días	0.00549	12.92	2352.13	
8	151.35	14 días	0.00549	12.90	2350.84	
9	151.96	28 días	0.00553	12.98	2346.53	2313.91
10	151.24	28 días	0.00548	12.87	2348.85	
11	151.57	28 días	0.00550	13.10	2380.53	
12	151.70	28 días	0.00551	12.98	2354.69	

Nota. Fuente: Elaboración propia

3.13.2. Ensayo de resistencia

El ensayo a la resistencia del concreto lo realizamos a los 7, 14 y 28 días utilizando la prensa digital ELE INTERNATIONAL modelo 36-0718/06 capacidad 500.000 lbf (2.224 kN), en instalaciones del laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Nacional de Huancavelica, teniendo en cuenta la norma NTP 339.034 que nos da para un protocolo para realizar la compresión del concreto de muestras cilíndricas.

Este ensayo consistió en aplicar una carga axial en la parte superior de la probeta cilíndrica, que la presión tiene que ser constante hasta la rotura de la probeta asta llegara

a una carga máxima aplicada donde se ve la falla. En la compresión se considera el mayor resultado a la carga máxima antes de fallar ya sea por agrietamiento o rotura de la probeta.

Equipo utilizado.

- ✓ Probetas cilíndricas de concreto
- ✓ Cabezal y base metálicos para rotura
- ✓ Vernier para realizar las mediciones de diámetro y altura
- ✓ Máquina de compresión
- ✓ Almohadilla de neopreno

Procedimiento

- ✓ Las pruebas de compresión de las muestras se realizaron después de que fueron retiradas del lugar de curado, las muestras se rompieron dentro de los días establecidos.
- ✓ Colocamos la probeta cilíndrica sobre la base de la máquina de ensayo.
- ✓ Limpiamos las superficies superior e inferior de la probeta con un paño.
- ✓ Operamos la máquina debe aplicarse y desplazarse a una velocidad escogida, la probeta va recibiendo una presión constante siguiendo el régimen preestablecido.
- ✓ Aplicamos una carga hasta que la muestra falle quedando registrados los datos en la máquina y anotamos la carga máxima soportada por la probeta. Anotamos el tipo de falla y la apariencia que tendrá el concreto.

Fórmula

Calculamos con la formula siguiente.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{\pi * \emptyset^2}{4}$$

Dónde:

f′c: Resistencia de rotura a la compresión del concreto. (kg/cm2).

P: Carga máxima aplicada(kilogramos).

A: Área de la probeta cilíndrica en cm2

∅: Diámetro de la probeta cilíndrica (centímetros).

Análisis de datos utilizando la ecuación de error porcentual

Una forma de analizar la variación entre los datos obtenidos es utilizando la ecuación de error porcentual, que establece la diferencia entre el valor estimado y el valor real, nuestro valor de referencia es la resistencia hecha con agua potable, es decir el valor real y el valor estimado del concreto hecho con agua termal.

El cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$\Delta\% = \frac{\text{Control positivo} - \text{Agua termal}}{\text{Control positivo}} * 100$$

Variación de agua termal en 25% a los 7,14 y 28 días.

$$\Delta\% = \frac{\text{Control positivo} - 25\%\ \text{Agua termal}}{\text{Control positivo}} * 100$$

Variación de agua termal en 50% a los 7,14 y 28 días.

$$\Delta\% = \frac{\text{Control positivo} - 50\%\ \text{Agua termal}}{\text{Control positivo}} * 100$$

Variación de agua termal en 75% a los 7,14 y 28 días.

$$\Delta\% = \frac{\text{Control positivo} - 75\%\ \text{Agua termal}}{\text{Control positivo}} * 100$$

Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto

Realizada de acuerdo a los parámetros especificados en la norma técnica peruana NTP 339.034 basado en la norma ASTM C 39, según el cual determinamos la resistencia máxima adquirida por la probeta de concreto en el tiempo de rotura establecido.

Mostraremos en las siguientes tablas el resumen de las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días para probetas de concreto con agua potable y agua termal de 25%, 50%, 75% y 100%, también se muestra el promedio para su posterior análisis e interpretación.

Tabla 28

Resistencia a 7 días con diferente dosificación de agua termal

% Agua	*Muestra*	*Edad*	*Carga última (Kg)*	*Resistencia (Kg/cm2)*	*Resistencia Promedio*	*% Resistencia*
100% Agua potable (Control)	*1*	*7 días*	*23500*	*133.00*	*134.00*	*104.69%*
	2	*7 días*	*24470*	*138.50*		
	3	*7 días*	*22970*	*130.00*		
	4	*7 días*	*23780*	*134.50*		
100% Agua termal	*1*	*7 días*	*18190*	*103.00*	*98.47*	*73.49%*
	2	*7 días*	*18200*	*103.00*		
	3	*7 días*	*15740*	*89.09*		
	4	*7 días*	*17460*	*98.80*		
75% Agua termal y 25% agua potable	*1*	*7 días*	*17450*	*98.70*	*100.28*	*74.83%*
	2	*7 días*	*19780*	*111.90*		
	3	*7 días*	*18460*	*104.50*		
	4	*7 días*	*15150*	*86.00*		
50% Agua termal y 50% agua potable	*1*	*7 días*	*19690*	*111.40*	*113.97*	*85.05%*
	2	*7 días*	*17330*	*98.07*		
	3	*7 días*	*15070*	*85.30*		
	4	*7 días*	*28470*	*161.10*		

25% Agua termal y 75% agua potable	*1*	*7 días*	*21890*	*123.90*	*137.30*	*102.46%*
	2	*7 días*	*24500*	*138.70*		
	3	*7 días*	*25300*	*143.20*		
	4	*7 días*	*23340*	*143.40*		

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Tabla 29

Resistencia a 14 días con diferente dosificación de agua termal.

% Agua	*Muestra*	*Edad*	*Carga última (Kg)*	*Resistencia (Kg/cm2)*	*Resistencia Promedio*	*% Resistencia*
100% Agua potable (Control)	*5*	*14 días*	*26840*	*151.90*	*167.07*	*99.44%*
	6	*14 días*	*27960*	*158.30*		
	7	*14 días*	*29740*	*168.30*		
	8	*14 días*	*30850*	*174.60*		
100% Agua termal	*5*	*14 días*	*26840*	*110.80*	*119.75*	*71.68%*
	6	*14 días*	*27960*	*136.20*		
	7	*14 días*	*29740*	*115.10*		
	8	*14 días*	*30850*	*116.90*		
75% Agua termal y 25% agua potable	*5*	*14 días*	*24110*	*136.40*	*137.73*	*82.44%*
	6	*14 días*	*23510*	*133.00*		
	7	*14 días*	*21990*	*124.40*		
	8	*14 días*	*27760*	*157.10*		
50% Agua termal y 50% agua potable	*5*	*14 días*	*24520*	*138.80*	*154.53*	*92.49%*
	6	*14 días*	*28790*	*162.90*		
	7	*14 días*	*27770*	*157.10*		
	8	*14 días*	*28150*	*159.30*		
25% Agua termal y 75% agua potable	*5*	*14 días*	*34510*	*195.30*	*190.95*	*114.30%*
	6	*14 días*	*33340*	*188.70*		
	7	*14 días*	*36350*	*205.70*		
	8	*14 días*	*30770*	*174.10*		

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

Resistencia a 28 días con diferente dosificación de agua termal.

% Agua	*Muestra*	*Edad*	*Carga última (Kg)*	*Resistencia (Kg/cm2)*	*Resistencia Promedio*	*% Resistencia*

100% Agua potable (Control)	*9* *10* *11* *12*	*28 días* *28 días* *28 días* *28 días*	*39380* *37800* *46380* *38430*	*222.80* *213.90* *262.40* *217.50*	*218.07*	*103.84%*
100% Agua termal	*9* *10* *11* *12*	*28 días* *28 días* *28 días* *28 días*	*34980* *36160* *35630* *36800*	*197.90* *204.60* *201.60* *208.20*	*203.08*	*93.13%*
75% Agua termal y 25% agua potable	*9* *10* *11* *12*	*28 días* *28 días* *28 días* *28 días*	*35960* *37870* *35090* *38110*	*203.50* *214.30* *198.60* *215.60*	*208.00*	*95.38%*
50% Agua termal y 50% agua potable	*9* *10* *11* *12*	*28 días* *28 días* *28 días* *28 días*	*39770* *38420* *33030* *34480*	*225.10* *217.40* *186.90* *195.10*	*212.53*	*97.46%*
25% Agua termal y 75% agua potable	*9* *10* *11* *12*	*28 días* *28 días* *28 días* *28 días*	*38200* *39060* *38450* *37680*	*216.20* *221.00* *217.60* *213.20*	*217.00*	*99.51%*

Nota. *Fuente: Elaboración propia

3.14. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Se procede con la recolección de agua en una botella de plástico de cuello ancho con tapón de rosca, de 1 litro de capacidad para realizar el análisis físico químico y microbiológico. Datos obtenidos del laboratorio con respecto a las variables del concreto con aguas potable y termal serán verificados, registrados, para luego ser ingresados a la hoja de cálculo Microsoft Excel 2016 y Mathcad para Windows 10 para luego realizar los cálculos matemáticos y estadísticos. El análisis se realizará con tablas y gráficos. La entrega del informe final se hizo tomando en cuenta los requisitos establecidos por la universidad y apoyándonos en informes anteriores y viendo tutoriales en YouTube sobre los parámetros establecidos para la entrega de informe final de investigación.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de propiedades físicas y químicas del agua termal

4.1.1. Análisis de las propiedades del agua

Se realiza estudios físicos y químicos para determinar características al agua como: sólidos en suspensión, materia orgánica, alcalinidad, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, magnesio, sales solubles, pH, turbidez, calcio, sodio, hierro, oxígeno disuelto, color, en la **Tabla 31** mostramos cada uno de los parámetros analizados y los mismos que son comparados con los parámetros establecidos o los límites máximos tolerables por la norma.

Tabla 31

Características físicas y químicas del agua termal.

Descripción	Unidad	NTP 339.088 (ASTM C 1602)	Agua termal
Sólidos en suspensión	ppm	máx. 5000	5
Materia orgánica	ppm	máx. 3	<0.5
Alcalinidad	mg/L	máx. 1000	555
Cloruros	Cl mg/L	máx. 1000	22
Carbonatos	CO_3 mg/L	máx. 1000	281
Bicarbonatos	HCO_3 mg/L	máx. 1000	555
Sulfatos	SO_4 mg/L	máx. 600	281
pH	--	5 a 8	6.59
Turbidez o turbiedad	NTU	--	4.02
Calcio	Ca mg/L	--	304.4
Magnesio	Mg Mg/L	150	28
Color	UPC	No oscuro	<3
Sodio	Na mg/L	--	130.63
Hierro	Fe mg/L	--	1.116
Oxígeno disuelto	mg/L	--	<5

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Observamos los resultados realizados a la muestra superficial del agua termal del barrio San Cristóbal, donde se aprecia la cantidad de elementos dañinos para el concreto que este contiene encontrándose dentro de los límites máximos permitidos, todos los parámetros obtenidos en el agua termal se encuentran dentro del rango permisible para el uso en la mezcla del concreto según la norma técnica peruana y normal internacional ASTM.

4.2. Resultados de ensayos de laboratorio

4.2.1. Características de los agregados

a) Material fino que pasa por el tamiz número 200

Los resultados de las partículas que pasan por el tamiz de 75 mm (número 200) se resumen en la **Tabla 32**.

Tabla 32

Material que pasa por el tamiz número 200

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio
Peso original de la muestra seca	*530*	*560*	*540*	*1.95*
Peso de la muestra seca después de lavada	*523*	*546*	*529*	
Diferencia	*7*	*14*	*11*	
% del material fino que pasa el tamiz número 200	*1.32*	*2.5*	*2.03*	

Nota. *Fuente: Elaboración propia

b) Granulometría

Los resultados del análisis granulométrico se muestran en la **Tabla 33** y **Figura 2** según la norma podemos precisar están dentro de los usos o limites granulométricos y bien graduado cada tamiz que emos procesados el material.

Tabla 33

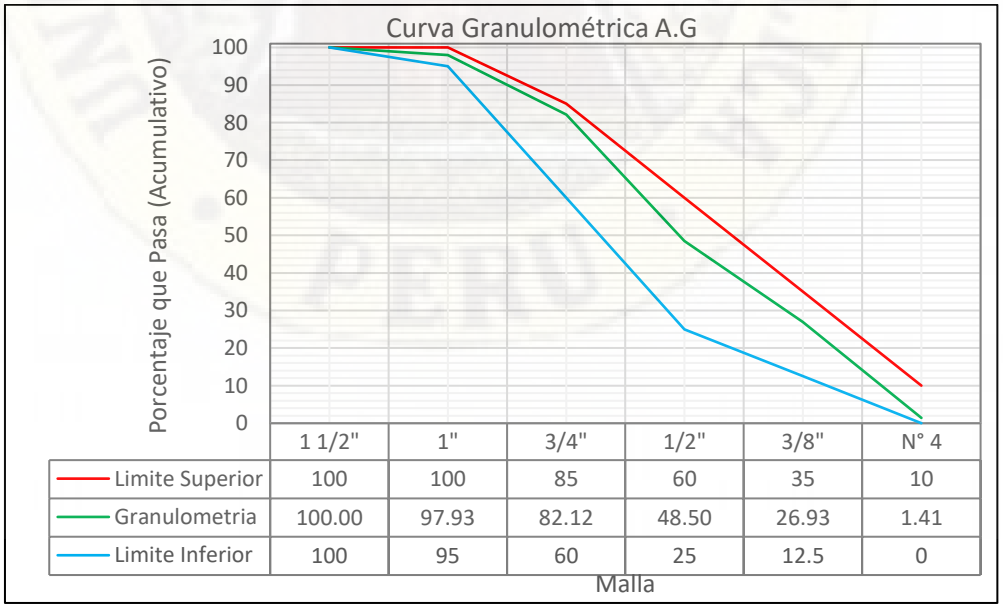
Granulometría del agregado grueso

Tamiz #	Diámetro (mm)	Peso retenido (gr.)	Peso retenido corregido	% Parcial retenido (gr.)	% Acumulado	
					Retenido	Pasa
3"	*76.120*	*0*	*0*	*0.00*	*0.00*	*100.00*
2 1/2"	*63.300*	*0*	*0*	*0.00*	*0.00*	*100.00*
2"	*50.800*	*0*	*0*	*0.00*	*0.00*	*100.00*
1 1/2"	*38.100*	*0*	*0*	*0.00*	*0.00*	*100.00*
1"	*25.400*	*103.15*	*103.344*	*2.07*	*2.07*	*97.93*
3/4"	*19.050*	*790.32*	*790.514*	*15.81*	*17.88*	*82.12*
1/2"	*12.700*	*1680.86*	*1681.054*	*33.62*	*51.50*	*48.50*
3/8"	*9.525*	*1078.45*	*1078.644*	*21.57*	*73.07*	*26.93*
N°4	*4.760*	*1275.74*	*1275.934*	*25.52*	*98.59*	*1.41*
Fondo	*0.000*	*70.51*	*70.51*	*1.41*	*100.00*	*0.00*
Total		*4999.03*	*5000*		*Error*	*0.02%*

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Figura 2

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota. *Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

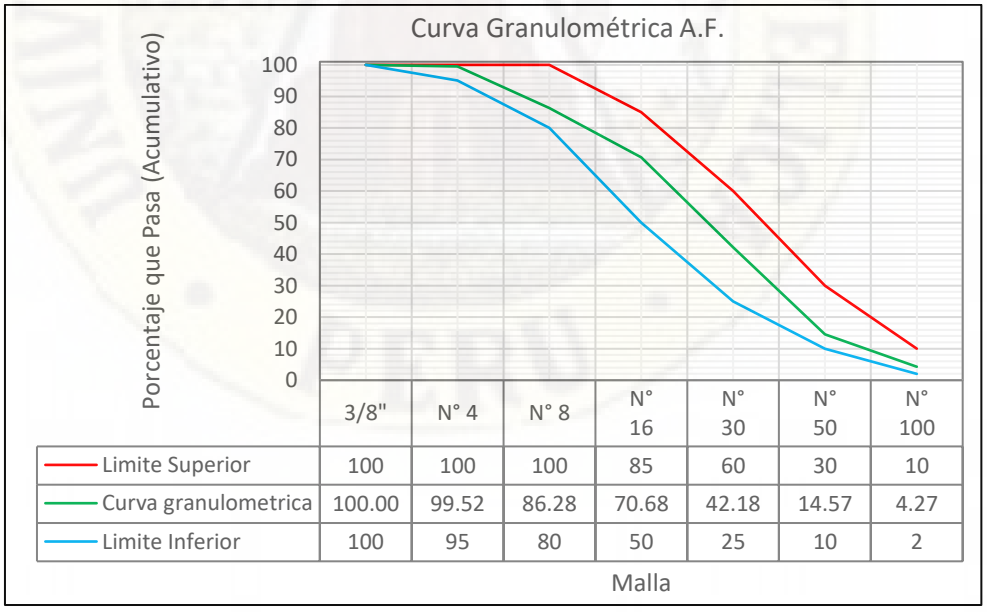
Granulometría del agregado fino

Tamiz #	Diámetro (mm)	Peso retenido (gr.)	Peso retenido corregido	% Parcial retenido (gr.)	% Acumulado	
					Retenido	Pasa
3/8"	*9.525*	*0*	*0*	*0.00*	*0.00*	*100.00*
N°4	*4.760*	*14.46*	*14.465*	*0.48*	*0.48*	*99.52*
N°8	*2.360*	*397.02*	*397.025*	*13.23*	*13.72*	*86.28*
N°16	*1.180*	*468.22*	*468.225*	*15.61*	*29.32*	*70.68*
N°30	*0.590*	*854.86*	*854.865*	*28.50*	*57.82*	*42.18*
N°50	*0.300*	*828.45*	*828.455*	*27.62*	*85.43*	*14.57*
N°100	*0.149*	*308.98*	*308.985*	*10.30*	*95.73*	*4.27*
Fondo	*0.000*	*127.98*	*127.98*	*4.27*	*100.00*	*0.00*
Total		*2999.97*	*3000*		*Error*	*0.00%*

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Figura 3

Curva granulométrica del agregado fino



Nota. *Fuente: Elaboración propia

se muestran en la **Tabla 34** y **Figura 3**, según la norma podemos precisar están dentro de los usos o limites granulométricos y bien graduado cada tamiz que emos procesados el material.

Interpretación:

Los ensayos de granulometría de los agregados están dentro de los límites establecidos están dentro de los husos granulométricos; entonces el agregado es confiable.

El módulo de finura que se obtiene del agregado fino es 2.83, según la **Tabla 35** será arena de grano medio.

Tabla 35

Módulo de finura del agregado fino.

Tipo de arena	Módulo de Finura
Gruesa	2.9 - 3.2
Media	2.2 - 2.9
Fina	1.5 - 2.2
Muy Fina	1.5

Fuente: Extraído de la norma ASTM C33.

c) Propiedades de los agregados

Realizamos la caracterización de los agregados teniendo en cuenta sus procedencias siendo el agregado grueso de cantera Ocopa (Lircay) y agregado fino de cantera Orcotuna (Huancayo), estos ensayos se realizan en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional de Huancavelica y en la **Tabla 35** tenemos los siguientes resultados.

Tabla 36

Características físicas de los agregados.

Propiedad física	Agregado grueso (piedra chancada)	Agregado fino (arena gruesa)	unidad
Procedencia	Orcotuna	Ocopa	---
Tamaño máximo	1 1/2"	3/8"	pulgada
Tamaño máximo nominal	1"	Nº 4	pulgada
Humedad natural	0.03	0.02	%
Absorción	1.76	2.16	%
Peso especifico	2.60	2.54	gr/cm3
Peso unitario suelto	1380.00	1590.00	kg/cm3
Peso unitario varillado	1530.00	1690.00	kg/cm3
Módulo de fineza	---	2.83	---

Nota. *Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Datos del cemento

En este estudio se usa cemento hidráulico con bajo calor de hidratación (Andino, tipo HL-R), disponible comercialmente en Huancavelica. La **Tabla 37** observamos las propiedades químicas, físicas y mecánicas del cemento para ver así su desempeño en el concreto.

Tabla 37

Propiedades químicas, físicas y mecánicas del cemento

Propiedades	Valor	Unidad
Contenido de aire	5.04	%
Superficie específica	462	m2/kg
Masa especifica	3.12	gr/cm3
Expansión autoclave	-0.01	%
Tiempo de fraguado inicial	112	min
Tiempo de fraguado final	285	min
Resistencia a la compresión a los 3 días	170	kg/cm2
Resistencia a la compresión a los 7 días	230	kg/cm2
Resistencia a la compresión a los 28 días	340	kg/cm2
Perdida al fuego	3.54	%
Oxido de magnesio (MgO)	1.82	%

Anhídrido sulfúrico (SO3)	2.65	%
Residuo Insoluble	18.21	%
Resistencia al ataque de sulfatos	0.03	%

4.3. Resultados del diseño de mezcla

Luego de los ensayos realizados a los agregados en laboratorio se determina la cantidad de materiales para alcanzar la resistencia f'c = 210 kg/cm², realizamos el diseño de mezclas considerando como única variante al agua termal, en la tabla siguiente se muestra el resumen del diseño que realizamos según las propiedades físicas y mecánicas de los componentes del concreto.

Tabla 38

Resumen de diseño de mezcla

Material	Por peso m³		Relación	Por volumen m³	Para 0.00556 m³	Para una bolsa
	Húmedo	Seco				
Agua	193	226.31	1	0.226	1.258	42.5
Cemento	345.878	345.878	2.12	0.111	1.923	90.1
Ag. Grueso	1020.51	1020.82	2.95	0.393	5.674	125.375
Ag. Fino	731.52	731.66	27.8	0.255	4.067	1181.5

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Se muestran los resultados de diseño de mezcla de concreto, expresados en peso y volumen m³. El agua termal se utilizó en la mezcla con diferentes dosificaciones de 25%,50%,75% y 100%, En la **Tabla 39** se muestra la dosificación es expresada en volumen de 0.00556 m³, considerando el mismo diseño de mezclas para todas las muestras, también consideramos 226.31 litros el 100% de agua para una probeta.

Tabla 39

Dosificación de concretos en volumen por m³ de mezcla

Materiales	Dosificación para una probeta de volumen 0.00556 m³					
	AP 100%	AT 25%	AT 50%	AT 75%	AT 100%	unidad
Cemento	1.923	1.923	1.923	1.923	1.923	kg
Agregado grueso	5.674	5.674	5.674	5.674	5.674	kg
Agregado fino	4.067	4.067	4.067	4.067	4.067	kg
Agua potable	226.31	56.578	113.155	169.733	0	lts
Agua termal	0	169.733	113.155	56.578	226.31	lts

4.4. Resultados de ensayos del concretos en estado fresco

4.4.1. Asentamiento

El asentamiento es una de las propiedades importantes del concreto en estado fresco, hicimos el ensayo de consistencia (Slump) utilizando el cono de Abrams para todas las muestras, en la **Tabla 40** y **Figura 4** se muestran los valores obtenidos del asentamiento para las diferentes concentraciones de agua termal en relación al asentamiento del agua potable.

Tabla 40

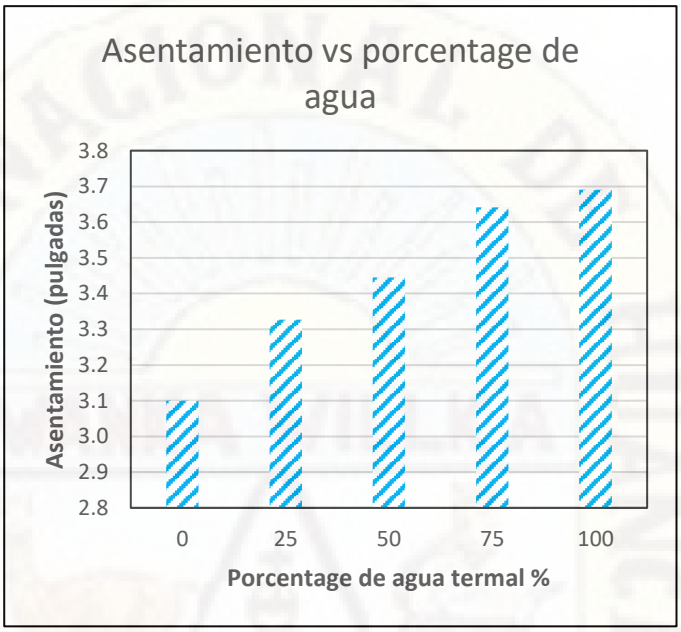
Resultado de asentamiento y trabajabilidad de las muestras.

AGUA	ENSAYO				PROMEDIO (Slump)			
	1	2	3	4	Centímetro		Pulgada	
00% AT	7.5	8.5	7.5	8.00	7.88	cm	3.10	pulg.
25% AT	8.50	9.00	8.30	8.00	8.45	cm	3.33	pulg.
50% AT	8.50	9.00	8.70	8.80	8.75	cm	3.44	pulg.
75% AT	9.50	9.00	9.60	8.90	9.25	cm	3.64	pulg.
100% AT	9.50	8.50	9.50	10.00	9.38	cm	3.69	pulg.

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Asentamiento del concreto



4.4.2. Peso unitario

En la **Tabla 43** se muestran los promedios de las diferentes densidades de cada uno de las mezclas de concretos, es decir los fabricados con diferentes porcentajes de agua termal y agua convencional.

Tabla 41

Resultados de peso unitario del concreto fresco

AGUA	PROMEDIO	UNIDAD
Agua potable (control)	2147.33	kg/m3
25% agua termal	2147.34	kg/m3
50% agua termal	2146.86	kg/m3
75% agua termal	2146.33	kg/m3
100% agua termal	2146.21	kg/m3

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Con los valores anteriores presentados se puede observar que el concreto preparado con agua potable alcanzaron un valor de 2147.33 kg/m3 y en porcentajes de 25%, 50%, 75%, 100% tienen el valor 2147.34 kg/m, 2146.86 kg/m3, 2146.33 kg/m3, 2146.21kg/m3, respectivamente, por lo tanto, cumple entre el valor de 1842 a 2483 kg/m3, se puede considerar que cualquiera de ellos es apto para ser utilizado.

4.5. Resultados de los ensayos del concreto en estado endurecido

4.5.1. Peso unitario

En la siguiente tabla se muestra los promedios de las diferentes densidades de cada uno de las mezclas de concretos a los 7, 14 y 28 días, es decir los fabricados con diferentes porcentajes de agua termal y agua convencional.

Tabla 42

Resultados de peso unitario del concreto endurecido de 7, 14 y 28 días.

Agua	Densidad promedio		
	7 días	14 días	28 días
Agua potable (control)	2325.732	2335.163	2322.887
25% agua termal	2311.196	2330.889	2350.034
50% agua termal	2329.308	2330.511	2320.279
75% agua termal	2327.897	2323.713	2347.491
100% agua termal	2339.175	2345.034	2357.650

Nota. *Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la tabla anterior la influencia de agua termal de 25%, 50%, 75%, 100%, en todos los concretos elaborados cumple entre el valor de 1842 a 2483 kg/m3 y tienen los valores entre (2300 kg/m3 a 2360 kg/m3), por lo tanto, se puede considerar que cualquiera de ellos es apto para ser utilizado.

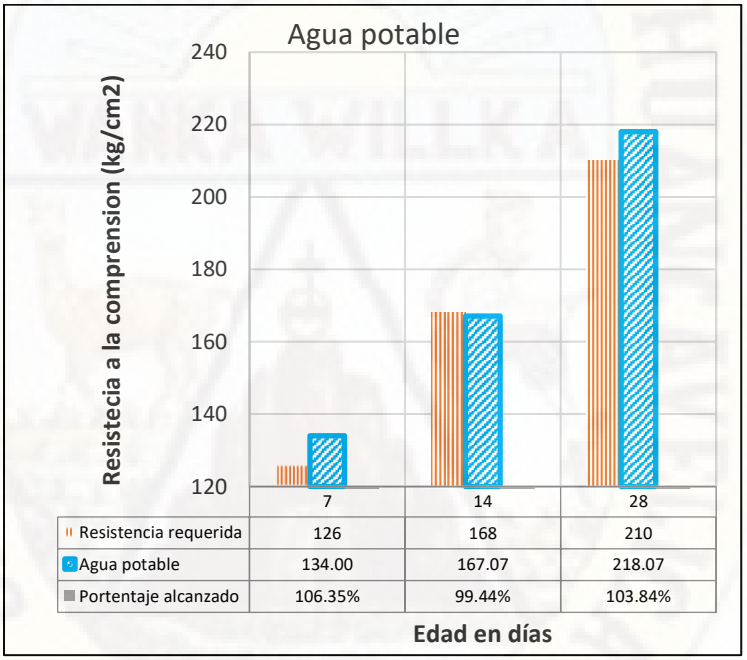
4.5.2. Resistencia a la compresión

4.5.2.1. Comportamiento con agua convencional.

La norma ACI 211 establece que las muestras de prueba elaboradas con agua potable a la edad de 28 días deben alcanzar una resistencia del 100%. Una vez obtenidos los valores de las resistencias a las diferentes edades a las probetas de concreto con agua potable se realizó una comparación de resultados: a 7, 14 y 28 días.

Figura 5

Comparación de resistencia obtenidas



	7	14	28
Resistencia requerida	126	168	210
Agua potable	134.00	167.07	218.07
Portentaje alcanzado	106.35%	99.44%	103.84%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que los especímenes de concreto de control o patrón elaborados con agua potable se encuentran por encima y en rango de las resistencias esperadas según la norma ACI 211, ver la **Figura 5** para comprobar que a los 28 días donde las probetas de concreto adquieren su resistencia máxima, no tiene variación considerable y el diseño de mezcla que se utilizó esta choretamente calculada por lo tanto según los resultado se llegó las resistencia esperadas que nos propusimos que es f´c=210kg/cm2. Todos los datos están también en nuestro articulo Untiveros el at. (2021)

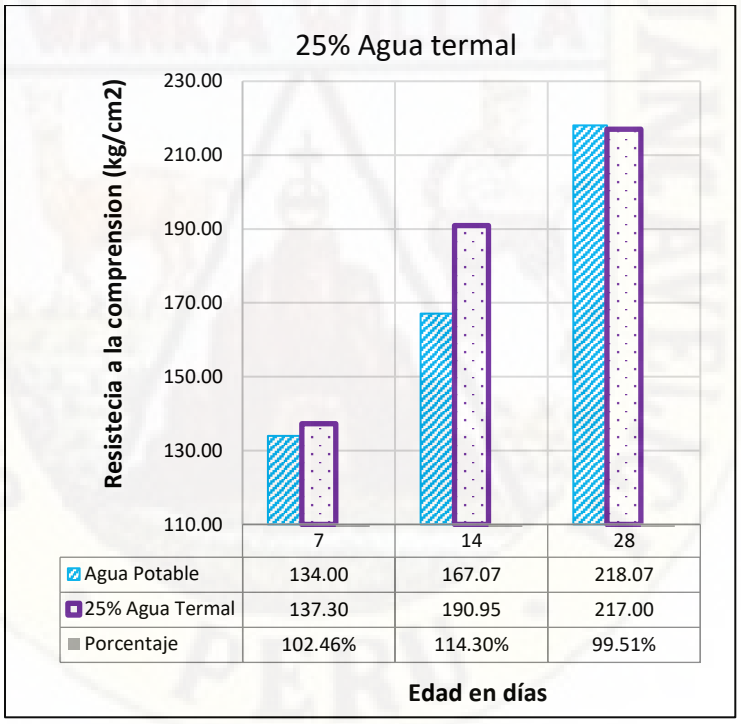
4.5.2.2. Comportamiento con agua termal.

Se estudia el comportamiento del agua termal versus el agua convencional. Luego se ha representado en gráfico los datos obtenidos de los ensayos, con el objetivo de que el lector se pueda formar una visión general de la influencia del agua termal en la resistencia.

En la **Figura 6** se muestran los valores promedios de la resistencia a la compresión con dosificación de 25% de agua termal y 75% agua potable, también el porcentaje alcanzado de los testigos a 7, 14 y 28 días de edad.

Figura 6

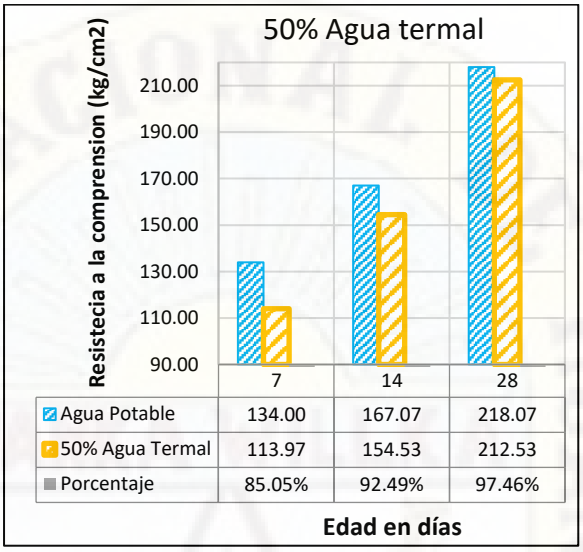
Resistencia promedio con 25% agua termal los días 7, 14 y 28.



En la **Figura 7** se muestran los valores promedios de la resistencia a la compresión con dosificación de 50% de agua termal y 50% agua potable, también el porcentaje alcanzado de los testigos a 7, 14 y 28 días de edad.

Figura 7

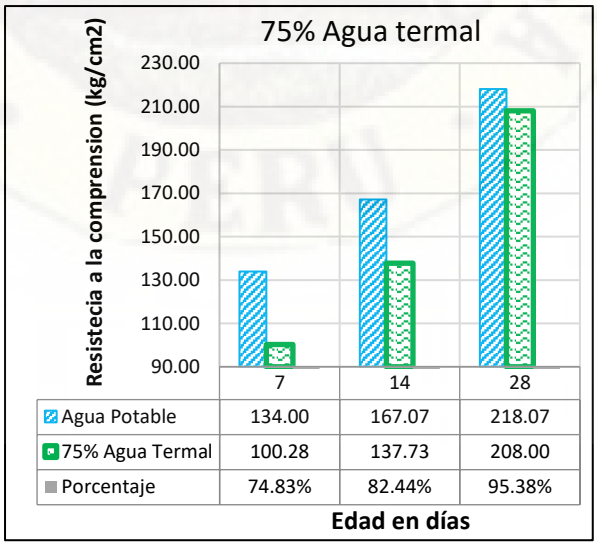
Resistencia promedio con 50% agua termal los días 7, 14 y 28



En la **Figura 8** se muestran los valores promedios de la resistencia a la compresión con dosificación de 75% de agua termal y 25% agua potable, también el porcentaje alcanzado de los testigos a 7, 14 y 28 días de edad.

Figura 8

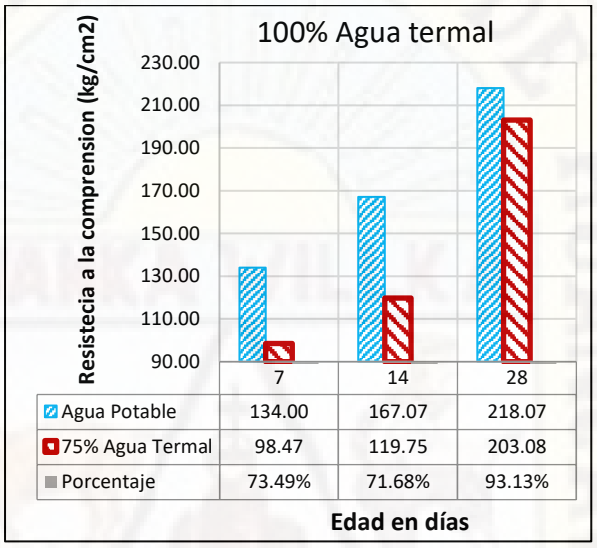
Resistencia promedio con 75% agua termal los días 7, 14 y 28.



En la **Figura 9** se muestran los valores promedios de la resistencia a la compresión con dosificación de 100% de agua termal y 00% agua potable, también el porcentaje alcanzado de los testigos a 7, 14 y 28 días de edad.

Figura 9

Resistencia promedio con 100% agua termal los días 7, 14 y 28



En la **Tabla 43** y **Figura 10** se muestran los valores promedios de la resistencia y porcentaje alcanzado de los testigos de diferentes dosificaciones a 7, 14 y 28 días de edad.

Tabla 43

Valores promedios de la resistencia

Agua	Edad promedio			Unidad
	7 días	14 días	28 días	
00% AT	134.00	167.07	218.07	(Kg/cm2)
25% AT	137.30	190.95	217.00	(Kg/cm2)
50% AT	113.97	154.53	212.53	(Kg/cm2)
75% AT	100.28	137.73	208.00	(Kg/cm2)
100% AT	98.47	119.75	203.08	(Kg/cm2)

Nota. En la tabla mostramos el promedio de la resistencia a compresión en diferentes edades

Figura 10

Evolución de resistencia de todas las dosificaciones a 7, 14 y 28 días.

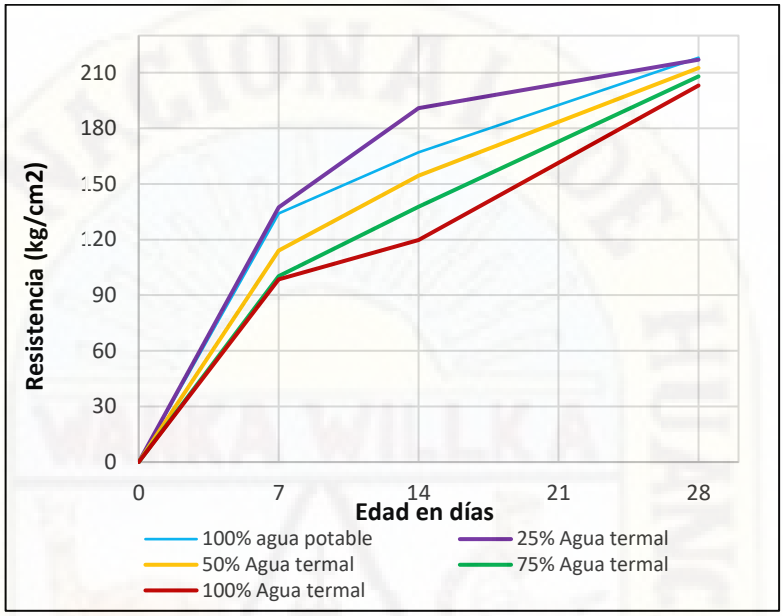
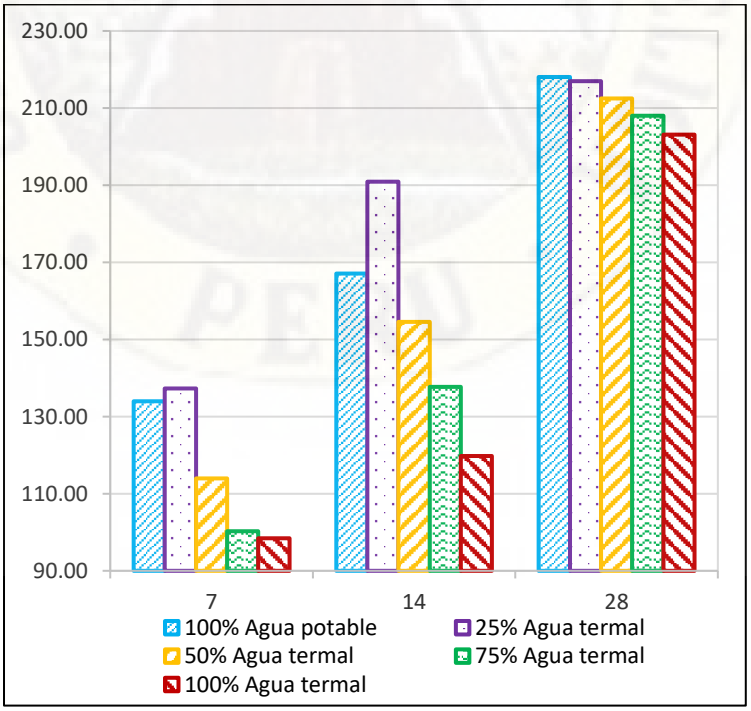


Figura 11

Resistencia de todas las dosificaciones a 7, 14 y 28 días.



En los gráficos se observa la tendencia de crecimiento en todas las curvas; sin embargo, para el 25% de agua termal se observa que la resistencia a compresión encima de la resistencia de la muestra de control elaborado con agua potable y para las otras concentraciones por debajo de la resistencia, pero si llegan todos al diseño que elaboramos que es de f'c=210 kg/cm2 vemos que todos llegan al diseño a los 28 días, con lo cual el concreto cumple con la resistencia para la cual fue diseñado. Podemos observar que a los 14 días el 25% de agua termal tiene una tendencia muy elevada que el agua de control entonces presenta un incremento en la resistencia en más de 14% de resistencia esperada, observar en la **Figura 10** y **Figura *11***. Por lo tanto, el concreto elaborado con el agua termal 50%, 75%, 100%, la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días es baja sobre el control; pero a los 28 días si llega a la resistencia requerida, mientras el de 25% de agua termal a los 14 días la resistencia a compresión es mejor.

4.6. Discusión de materiales empleados para la fabricación del concreto

4.6.1. Discusión del agua

4.6.1.1. Agua potable

Tomamos la muestra de agua potable para la elaboración de concreto, dentro de la cuidada universitaria de la Universidad Nacional de Huancavelica Paturpampa por lo tanto el agua si cumple con los parámetros máximo y mínimos de la norma NTP 339.088.

4.6.1.2. Agua termal

De los resultados que nos muestra la **Tabla 31** que realizamos el análisis físico químico en laboratorio de lima reconocidos por INACAL donde se aprecia la cantidad de elementos dañinos para el concreto que este contiene encontrándose dentro de los límites máximos permitidos dentro de control de calidad del agua. Por lo tanto llegamos a la conclusión que el agua termal se puede utilizar en la producción del concreto sin previo tratamiento.

Los resultados de (Benítez et al., 2015) los valores de pH oscilaron entre 6,07 y 6,49; indicando que son ligeramente ácidas. Nuestro resultado es 6.59 donde podemos decir que pertenece al agua termal, también podemos decir que está en rango y cumple con los parámetros de la norma NTP 339.088 para elaboración de concreto que nos dice puedes estar en este rango de 5 a 8 de pH.

4.7. Discusión de diseño de mezclas

Para el concreto patrón, la dosificación de cemento, agua, agregado fino y grueso se hallaron de acuerdo a las tablas indicadas en el método de diseño de mezclas del ACI, y para concretos con adiciones de agua termal se utilizó el mismo diseño anterior descrito con la única diferencia que la adición en porcentajes de agua termal con respecto a 226.31 litros de agua potable considerado 100%. Se recomienda hacer reajustes en el diseño de mezclas cuando esté en presencia de agua termal en el agua de mezclado en concentraciones superiores al 50%.

4.8. Discusión de resultados del concreto en estado fresco

4.8.1. Asentamiento

El valor de referencia es el agua potable que da un asentamiento de 3.10 pulgadas; para el agua termal 25%, 50%, 75%, 100% está en 3.33, 3.44, 3.64, 3.69 pulgadas respectivamente, cabe destacar que a mayor concentración de agua termal el asentamiento aumenta, obteniendo resultados de asentamiento que si cumple con asentamiento de diseño que fue de 3”-4” que está según la norma (NTP 339.035), lo que quiere decir que la mezcla tiene una cantidad de agua óptima, manteniendo siempre entre 3-4” de slump, de estos resultados podemos concluir que nuestras mezclas de concreto eran de consistencia normal y de buena manejabilidad, se logra apreciar una influencia del agua termal en la mezcla de concreto, en razón de que aumenta la cantidad de agua hasta en un 4.8%.

4.8.2. Peso unitario

El concreto elaborado con agua potable alcanzaron un valor de 2147.33 kg/m3 y con agua termal de porcentajes de 25%, 50%, 75%, 100% tienen el valor 2147.34 kg/m3, 2146.86 kg/m3, 2146.33 kg/m3, 2146.21kg/m3, respectivamente por lo tanto el agua termal con diferentes dosificaciones se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma (NTP 339.046) que menciona "Que el peso unitario del concreto en estado fresco debe resultar entre los valores de 1842 a 2483 kg/m3". Lo que demuestra que el concreto elaborado con agua potable y termal no presenta diferencias significativas entre sí.

4.9. Discusión de resultados del concreto en estado endurecido

4.9.1. Peso unitario

Los valores de peso unitario de concreto endurecido si cumplen con la norma que está dentro del rango no hay variación significativa respecto a dichos parámetros.

4.9.2. Resistencia a la compresión

En la **Tabla 28**, nos muestra el resultado a los 7 días de edad donde el concreto elaborado con agua potable o control la resistencia es 104.69% sobre el diseño elaborado para f´c=210 kg/cm2 mientras el concreto elaborado con agua termal de 25%, 50%, 75%, 100%, tiene una resistencia promedio de 102.46%, 85.05%, 74.83%, 73.49%, respectivamente; pero el de 25 % de agua termal tiene mejores resultados en comparación con el agua potable. En la **Tabla 29**, a los 14 días de edad el concreto elaborado con agua potable tiene una resistencia promedio de 99.44% con respecto al f´c de diseño, lo cual nos confirma que la reactividad del agua potable está en promedio, el concreto elaborado con el agua termal 25%, 50%, 75%, 100%, tiene una resistencia promedio de 114.30%, 92.49%, 82.44%, 71.68%, respectivamente. Pero el de 25 % de agua termal tiene mejor resistencia que el agua potable ya que tiene en menor cantidad adecuada componentes del agua termal en porcentajes que mejora la hidratación del cemento. En la **Tabla 30,** a los

28 días de edad el concreto elaborado con agua potable tuvo una resistencia promedio de 103.84% con respecto al f´c de diseño, lo cual nos confirma que la reactividad del agua potable está en promedio, el concreto elaborado con el agua termal 25%, 50%, 75%, 100%, tiene una resistencia promedio de 99.51%, 97.46%, 95.38%, 93.13%, respectivamente, se observa que a la edad de 28 días el concreto elaborado con diferentes dosificaciones de agua termal tiene valores cercanos al concreto elaborado con agua potable y teniendo un promedio similar.

Los resultados que fue obtenido por (Chavez, 2019) concuerdan con nuestro estudio ya el concreto elaborado con 100% agua termal tiene una resistencia de 255.06 kg/cm² y con el agua potable la resistencia es 263.68 kg/cm² esto a los 28 días; siendo la diferencia de 3.3 %, la cual es menor al 10 % como estípula en la norma, mientras nuestro resultado de la resistencia a la compresión del concreto de 100% de agua termal es 203.08 kg/cm2 en porcentaje 93.13% y con agua potable la resistencia es 218.07 kg/cm2 que tiene una diferencia de 6.87% de resistencia con agua potable o control que también es menor al 10%. Nuestra investigación a diferencia que Chavez él solo hizo con 100% de agua termal, mientras nosotros lo realizamos con dosificación de agua termal que 25%, 50%, 75% y 100% donde se observó el comportamiento evolutivo mientras pasaron los días. También Chávez menciona "El porcentaje de variación de la resistencia a la edad de 180 días respecto a los 28 días de curado aumenta en un 0.4%cumpliendo con la durabilidad del concreto en el transcurso del tiempo tanto para el concreto de control como para el concreto elaborado con agua termal (Chavez, 2019)".

Los resultados de (León y Reyes, 2018) concuerdan con nuestro estudio ya que se comprobó la disminución de la resistencia a la compresión con relación al pH neutro a una edad temprana (7 días) de 13%, a la edad 14 días es 3% y a los 28 días es 1% para un PH <6,5. Mientras de nosotros tiene 6.59 pH este comparación se hizo para dosificación de 100% de agua termal, la resistencia a compresión en 7 días es 73.49% , 14 días es 71.68% y en 28 días 93.13% donde se puede concluir en la elaboración del concreto al utilizar el agua mezclado con pH acida donde generar un retraso en la obtención de la

resistencia esperada, puesto que a los 28 días si llega a la resistencia esperara pero con más abajo 6.87% del control.

Los resultados de (Ccanto y Mallcco, 2019) no concuerda con nuestros estudio ya que la mezcla de concreto con agua subterránea obtuvo la resistencia de 4% más sobre preparada con agua potable en los 28 días, mientras nuestro resultado es menor en 6.87% elaborado con 100% de agua termal también proveniente subterráneo. Pero los parámetros de agua subterránea no potable cumplen con la NTP 339.088 según la prueba de resultado de laboratorio .

Conclusiones

- Se concluye que la presencia del agua termal modifica las propiedades físicas en el concreto como: asentamiento, consistencia, manejabilidad, resistencia; también se observa en la preparación de concreto con agua termal no produce diferencias relevantes en las características físicas como: peso unitario, color, homogeneidad y apariencia.

- La influencia del agua termal en el asentamiento del concreto de todas las mezclas resulta que a mayor concentración de agua termal el asentamiento aumenta, a mayor concentración de agua termal aumenta la cantidad de agua hasta en un 4.8%.

- La influencia de agua termal en el peso unitario en estado fresco, asimismo la influencia del agua termal en el peso unitario en estado endurecido del concreto los resultados están en el mismo rango; por lo tanto, el agua termal no tiene cambios relevantes en el peso unitario del concreto.

- La influencia de agua termal de 25% y 75% de agua potable tienen mayor resistencia a la compresión sobre todo a la edad de 14 días en más de 14% con respecto al control o resistencia requerida. Hace que este tipo de mezcla pueda ser empleada para mejorar algunas propiedades a edades tempranas en estructuras de concreto. Mientras la influencia de agua termal de 50%, 75%, 100% en la resistencia a la compresión está por debajo de la muestra de control elaborada con agua potable y no superaron a los 28 días la resistencia de diseño; pero tiene una variación no menor del 10% como estipula la norma. Por lo tanto, se concluye que en porcentaje menor de dosificación de agua termal se comporta como un acelerante natural para el concreto.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar la combinación de 25% agua termal con 75% agua potable ya que tiene mayor resistencia a edades tempranas y es igual su resistencia a 28 días

- Se recomienda hacer investigaciones sobre el comportamiento del agua termal con diferentes tipos de cemento.

- Se recomienda hacer la investigación sobre la influencia de agua termal en concreto armado para ver el comportamiento con el acero.

- Se recomienda realizar la investigación en la durabilidad del concreto mayores de 28 días.

- El agua termal de la piscina San Cristóbal es recomendable para uso en la construcción ya que las variaciones no son superiores a los permitidos, además un buen conocimiento sobre su uso traerá mejoras en las diferentes propiedades.

- Se recomienda hacer trabajo de investigación en la influencia de agua termal en el concreto de manera microscópica es decir el comportamiento químico de sus componentes.

- Se recomienda realizar estudios posteriores de más fuentes de agua termal para ser usado, ya que puede adherirse sustancias contaminantes que perjudiquen en la producción del concreto.

- Se recomienda utilizar las dosificaciones de agua termal de 50%, 75% y 100% para concretos no estructurales.

Referencias bibliográficas

Abanto Castillo, F. (2009). Tecnologia del Concreto (Teoria y problemas). In *Segunda Edicion*.

ACI211. (1997). *standard practice for selecting proportions for normal hevyweight, and mas concrete*.

Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigacion introduccion a la metodologia cientifica* (6th ed.).

ASTM C 192. (n.d.). *utilizará un sellador adecuado , como grasa pesada , arcilla de modelado o cera microcristalina , cuando sea necesario , para evitar fugas a través de las juntas . Deberán proporci onars e medios pos itivos para s ujetar firmemente las placas de base a lo*.

Bembibre, C. (2010, August). *Definición de Aguas Termales » Concepto en Definición ABC*. https://www.definicionabc.com/geografia/aguas-termales.php

Benítez, J. L., Mostue, M. B., & López, M. (2015). Estudio Fisicoquímico E Isotópico De Aguas Termales Del. *Universidad de Oriente, Venezuela*, *27*(Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Escuela de Ciencias, Departamento de Química, Cumaná, Venezuela), 94–101.

Ccanto, F. C., & Mallcco, A. H. (2019). *Análisis Comparativo de la Resistencia de un Concreto Convencional f´c=210 kg/cm2 Utilizando el Agua Subterránea en el Mezclado en el Distrito de Acobamba – Huancavelica - 2018.* http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2981

Chavez Soto, M. (2019). Resistencia a la compresión del concreto f'c =210 kg/cm^2 utilizando agua termal, Cajamarca 2019. In *Repositorio de la Universidad Privada del Norte*. http://hdl.handle.net/11537/23567

Condori, C., & Guillen, E. (2018). *"Contaminación De Las Aguas Termales De La Piscina Con Coliformes Fecales Y Totales En Salud Pública El Barrio San Cristobal, Huancavelica-2016."*

Cruzado Guevara, J. L., & Li Zavaleta, M. (2016). Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional teniendo como variable el agua utilizada en el mezclado. *Universidad Privada Antenor Orrego*, 98. https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2038

Ernesto A. Rodríguez Moguel. (2005). *Metodología de la investigacion*.

Hernández Sapieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Bautista Lucio, P. (2014).

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION (6th ed.).

León Rivera, A. F., & Reyes Lozano, C. E. (2018). Incidencia del PH de agua de mezclado en la resistencia a la compresion de concreto hidraulico. In *Universidad Catolica de Colombia* (Vol. 53, Issue 9).

Monje Álvarez, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. In *Universidad Surcolombiana*. http://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Guía+didáctica+Metodología+de+la+investigación.pdf

NTP.400.021. (2002). Agregados . Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. *Norma Tecnica Peruana*, *Lima 41*. https://www.academia.edu/26938679/NORMA_TÉCNICA_NTP_400_021_PERUANA_2002

NTP.400.022. (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa(Peso específico) y absorción del agregado fino. *Norma Tecnica Peruana*. https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-del-norte/ingenieria/372901324-ntp-400-012-2013-pdf/5739579

NTP 334.009. (2005). CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. *Indecopi*, *Lima 41*.

NTP 334.051. (n.d.). *CEMENTOS. Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento cubos de 50 mm de lado*.

NTP 339.033. (1999). *HORMIGÓN. Método de ensayo para elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra*.

NTP 339.034. (2015). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. *Indecopi*, *4*(3), 22. https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=4303

NTP 339.035. (1999). Método Para La Medición Del Asentamiento Del Concreto Con El Cono De Abrams. *Indecopi*. https://www.udocz.com/pe/read/26386/ntp-339-035-1999-metodo-para-la-medicion-del-asentamient-del-concreto-con-el-cono-de-abrams-1

NTP 339.036. (2017). CONCRETO. Práctica para muestreo de mezclas de concreto fresco. In *Inacal*.

NTP 339.046. (2008). Hormigón (concreto). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del

hormigón (concreto). *Inacal*.

NTP 339.088. (2006). *HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción del concreto de cemento portland. Requisitos*.

NTP 339.183. (2013). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. *2° Edición*.

NTP 400.010. (2001). *AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras*.

NTP 400.011. (2013). *Definicion y clasificacion de agregados para uso en morteros y hormigones (concreto)*.

NTP 400.012. (2001). AGREGADOS . Análisis granulométrico del agregado fino ,. In *Norma Tecnica Peruana* (Issue Lima 41, p. 73).

NTP 400.017. (2011). Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (' "Peso Unitario"') y los vacíos en los agregados. *Indecopi*, 14. https://www.scribd.com/document/343664826/NTP-400-017-2011-Agregados-Metodo-de-Ensayo-Para-Determinar-El-Peso-Unitario-Del-Agregado

NTP 400.018. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N°200) por lavado de agregados. *Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI*, *8*.

NTP 400.037. (2018). *Agregados para concreto. Requisitos*.

Ortega García, J. E. (2014). *Diseño estructurales de concreto aramado* (Tomo I).

Reyes Quipe, I. X., & Chahuayo Quispe, J. R. (2019). *Influencia De Los Métodos De Curado En La Resistencia De Un Concreto Autocompactante En Zonas Frígidas*.

Rus Arias, E. (2020, December 10). *Investigación aplicada - Qué es, definición y concepto | 2022 | Economipedia*. https://economipedia.com/definiciones/investigacion-aplicada.html

Tamayo y Tamayo, M. (2012). *EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.*

Torre, A. (2004). *Curso Básico De Tecnologia Del Concreto*. https://civilgeeks.com/2016/07/25/curso-basico-tecnologia-del-concreto-ingenieros-civiles-ing-ana-torre-c/

Untiveros Leon, Tobías Edverson; Salvatierra De la Cruz, Jhonsver Alfredo; Olivera Quintanilla, Abdon Dante; Luis Ortega Vargas, J. (2021). Influencia del agua termal sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica. *Revista ECIPeru*, 51–64. https://doi.org/10.33017/reveciperu2021.0007/

Apéndice

APÉNDICE 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "INFLUENCIA DEL AGUA TERMAL SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO, HUANCAVELICA"

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general **¿**De qué manera influye el agua termal de 25%,50%,75% y 100% sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica? **Problemas específicos:** a) ¿Cuál es la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% sobre el peso unitario del concreto, Huancavelica? b) ¿Cuál es la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% en el asentamiento del	**Objetivo general** Determinar la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica. **Objetivos específicos:** a) Determinar la influencia del agua termal de 25%,50%,75 % y 100% sobre el peso unitario del concreto, Huancavelica. b) Determinar la influencia del agua termal	**Antecedentes** **Internacional** • Universidad de Oriente - Venezuela– (2019): Benítez et al. "Estudio físico químico e isotópico de aguas termales del Municipio Libertador del Estado Sucre, Venezuela" • Universidad Católica de Colombia. – (2018): León y Reyes. "Incidencia del pH del agua de mezclado en la resistencia a la compresión del concreto hidráulico" **Nacional** • Universidad Privada Antenor – Orrego- (2019): Chávez. "Resistencia a la compresión del concreto f 'c =210 kg/cm² utilizando agua termal, Cajamarca 2019" • Universidad Privada Antenor Orrego Trujillo – Perú (2015): Cruzado y Li "Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional teniendo como variable el agua utilizada en el mezclado"	**Hipótesis general** El agua termal de 25%,50%,75% y 100% influye significativamente sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica. **Hipótesis específicas:** a) El agua termal de 25%,50%,75% y 100% influye significativamente en el asentamiento del concreto. b) El agua termal de 25%,50%,75% y 100% influye de manera significativa sobre el peso unitario del concreto.	Identificación de variables: **a) Variable independiente:** Agua termal **Dimensiones:** • Análisis físico • Análisis químico **b) Variable dependiente:** Propiedades físicas del concreto **Dimensiones:** • Peso unitario • Asentamiento • Resistencia	➢ **Tipo**: aplicada Rodríguez (2005). ➢ **Nivel**: Explicativa González (2011) ➢ **Método:** Científico ➢ **Diseño:** Experimental. Diseño específico: Cuasi experimental empleamos este diseño para probar experimentalmente con dos grupos (pre test y post test). G_1, G_2----- X_1 -----O_1 G_1, G_2----- X_2 -----O_2 G_1, G_2----- X_3 -----O_3 Donde: ✓ G_1: Grupo experimental (agua termal). ✓ G_2: Grupo control o patrón (agua potable). ✓ X_1, X_2, X_3: Experimento o manipulación de variables ✓ O_1: Asentamiento ✓ O_2: Peso unitario ✓ O_3: Resistencia **Población:** 60 probetas, 12 probetas serán el grupo de control para f 'c =210 kg/cm²

concreto, Huancavelica? c) ¿Cuál es la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% en la resistencia a la compresión del concreto, Huancavelica?	de 25%,50%,75 % y 100% en el asentamiento del concreto, Huancavelica. c) Determinar la influencia del agua termal de 25%,50%,75 % y 100% en la resistencia a la compresión del concreto, Huancavelica.	**Local** • Universidad Nacional de Huancavelica (2019): Ccanto y Mallcco. "Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional F´C=210 kg/cm2 utilizando el agua subterránea en el mezclado en el Distrito de Acobamba-Huancavelica - 2018" **Marco Teórico Referencial** 1. Concreto 2. Cemento. 3. Agua. 4. Aguas termales 6. Agregados 7. Resistencia del concreto	c) El agua termal de 25%,50%,75% y 100% influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto.		y 48 probetas serán el grupo experimental utilizando agua termal de 25%, 50%, 75% y 100% en combinación con agua potable **Muestra:** En la muestra se trabaja con los mismos elementos de la población. **Instrumentos y técnicas de recolección**: - La técnica de obtención de datos será la observación en campo y los ensayos en el laboratorio. **Técnicas de procesamiento.** Los datos obtenidos del laboratorio respecto a los ensayos con aguas termales serán verificados, registrados, para luego ser ingresados a la hoja de cálculo Microsoft Office 2016 y SPSS 22.0 para Windows 10 para luego realizar los cálculos matemáticos y estadísticos. El análisis se realizará con tablas y gráficos.

APÉNDICE 02: INFORME DE ENSAYOS AL AGUA TERMAL

PACIFIC CONTROL®

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON EL REGISTRO N° LE-074

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 074

INFORME DE ENSAYO N° 210001009/2021

Razón social:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	**RUC:**	20168014962
Domicilio legal:	JR. VICTORIA GARMA NRO. 275 BARR.CENTRO (FTE I.E.36001-LAS VERDES) HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA	**CMA:**	343/2021

Producto declarado:	Agua Natural / Agua Natural Subterránea
Número de Muestras:	01
Presentación:	Frasco de Plastico / Una (01) unidad de 1L
Procedencia:	PISCINA SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE HUANCAVELICA , HUANCAVELICA, HUANCAVELICA
Condición de la muestra:	Refrigerada
Muestreado por:	El cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	27/01/2021-15:45 h
Coordenadas:	18L 502609.207E 8586826.942N
Punto de muestreo:	P-1 / PISCINA SAN CRISTOBAL
Fecha de recepción de la muestra:	28/01/2021
Código de Laboratorio:	210001009
Fecha de inicio de análisis:	28/01/2021
Fecha de término de análisis:	02/02/2021
Fecha de emisión:	09/03/2021

Físico Químicos

Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Demanda Bioquimica de Oxigeno	5	mg /L	< 5

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd.Ed.2017 Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test

Observaciones
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

Quim. Celino Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC

V°B°

FIN DE DOCUMENTO

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C.Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-16-01 / V02, 2020.10.10

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Venturehips, and Representative throughtout os the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.

TIC COUNCIL

Pacific Control, Calidad y Medio ambiente
Laboratorios y certificaciones
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
Phone central: (+511) 860 2323

JE/CYP/CYP

PACIFIC CONTROL

INFORME DE ENSAYO Nº 210001012/2021

Razón social:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	**RUC:**	20168014962
Domicilio legal:	JR. VICTORIA GARMA NRO. 275 BARR.CENTRO (FTE I.E.36001-LAS VERDES) HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA	**CMA:**	343/2021

Producto declarado:	Agua Natural / Agua Natural Subterránea
Número de Muestras:	01
Presentación:	Frasco de Plastico / Una (01) unidad de 1L
Procedencia:	PISCINA SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE HUANCAVELICA , HUANCAVELICA, HUANCAVELICA
Condición de la muestra:	Refrigerada
Muestreado por:	El cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	27/01/2021-15:54 h
Coordenadas:	18L 502810.00E 8586833.00N
Punto de muestreo:	P-1 / PISCINA SAN CRISTOBAL
Fecha de recepción de la muestra:	28/01/2021
Código de Laboratorio:	210001012
Fecha de inicio de análisis:	28/01/2021
Fecha de término de análisis:	29/01/2021
Fecha de emisión:	09/03/2021

Físico Químicos

Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Materia orgánica.	0,50	mg/L	< 0,50

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Materia orgánica.	Método Walkles and Black

Observaciones
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

Quim. Celino Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC

V°B°

FIN DE DOCUMENTO

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C.Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-16-01 / V02, 2020.10.19

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Venturships, and Representatives throughtout os the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.

TIC COUNCIL

Pacific Control, Calidad y Medio ambiente
Laboratorios y certificaciones
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
Phone central: (+511) 660 2323

JE/CYP/CYP

PACIFIC CONTROL®

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON EL REGISTRO N° LE-074

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 074

INFORME DE ENSAYO Nº 210001010/2021

Razón social:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	**RUC:**	20168014962
Domicilio legal:	JR. VICTORIA GARMA NRO. 275 BARR.CENTRO (FTE I.E.36001-LAS VERDES) HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA	**CMA:**	343/2021

Producto declarado:	Agua Natural / Agua Natural Subterránea
Número de Muestras:	01
Presentación:	Frasco de Plastico / Una (01) unidad de 1L
Procedencia:	PISCINA SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE HUANCAVELICA , HUANCAVELICA, HUANCAVELICA
Condición de la muestra:	Refrigerada
Muestreado por:	El cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	27/01/2021-15:51 h
Coordenadas:	18L 502811.64E 8586833.24N
Punto de muestreo:	P-1 / PISCINA SAN CRISTOBAL
Fecha de recepción de la muestra:	28/01/2021
Código de Laboratorio:	210001010
Fecha de inicio de análisis:	28/01/2021
Fecha de término de análisis:	29/01/2021
Fecha de emisión:	09/03/2021

Físico Químicos

Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Sólidos totales suspendidos	5	mg/L	5

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Sólidos totales suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017, Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105 ºC

Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Quim. Celino Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC

VB

FIN DE DOCUMENTO

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C.Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-16-01 / V02, 2020.10.10

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representative throughout os the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.

TIC COUNCIL

Pacific Control, Calidad y Medio ambiente
Laboratorios y certificaciones
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
Phone central: (+511) 660 2323

JE/CYP/CYP

PACIFIC CONTROL

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON EL REGISTRO N° LE-074

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 074

INFORME DE ENSAYO N° 210001011/2021

Razón social:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	**RUC:**	20168014962
Domicilio legal:	JR. VICTORIA GARMA NRO. 275 BARR.CENTRO (FTE I.E.36001-LAS VERDES) HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA	**CMA:**	343/2021

Producto declarado:	Agua Natural / Agua Natural Subterránea
Número de Muestras:	01
Presentación:	Frasco de Plastico / Una (01) unidad de 1L
Procedencia:	PISCINA SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE HUANCAVELICA , HUANCAVELICA, HUANCAVELICA
Condición de la muestra:	Refrigerada
Muestreado por:	El cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	27/01/2021-15:58 h
Coordenadas:	502810.33E 8586833.24N
Punto de muestreo:	P-1 / PISCINA SAN CRISTOBAL
Fecha de recepción de la muestra:	28/01/2021
Código de Laboratorio:	210001011
Fecha de inicio de análisis:	28/01/2021
Fecha de término de análisis:	29/01/2021
Fecha de emisión:	09/03/2021

Físico Químicos

Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Sulfatos	3	mg SO4 2-/L	281
Cloruros	4	mg/L	22

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Sulfatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO42- E, 23rd Ed. 2017. Sulfate. Turbidimetric Method.
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 22nd Ed. 2017. Chloride. Argentometric Method.

Observaciones
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C.Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-16-01 / V02, 2020.10.19

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Venturehips, and Representative throughtout os the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.

TIC COUNCIL

Pacific Control, Calidad y Medio ambiente
Laboratorios y certificaciones
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Lianavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
Phone central: (+511) 880 2323

JE/CYP/CYP

Quim. Celino Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC

V°B°

FIN DE DOCUMENTO

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C.Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / V02, 2020.10.10

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representative throughout os the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.

Pacific Control, Calidad y Medio ambiente
Laboratorios y certificaciones
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanerilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
Phone central: (+511) 680 2323

JE/CYP/CYP

PACIFIC CONTROL®

INFORME DE ENSAYO Nº 210000826/2021

Razón social:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	**RUC:**	20168014962
Domicilio legal:	JR. VICTORIA GARMA NRO. 275 BARR.CENTRO (FTE I.E.36001-LAS VERDES) HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA	**CMA:**	343/2021

Producto declarado:	Agua Natural / Agua Natural Subterránea
Número de Muestras:	01
Presentación:	Frasco de Plastico / Una (01) unidad de 1L
Procedencia:	PISCINA SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE HUANCAVELICA , HUANCAVELICA, HUANCAVELICA
Condición de la muestra:	Refrigerada
Muestreado por:	El cliente
Procedimiento de muestreo:	No Aplica
Plan de muestreo:	No Aplica
Fecha y hora de muestreo:	27/01/2021-17:30 h
Coordenadas:	18L 502810.33E 8586833.24N
Punto de muestreo:	P-1 / PISCINA SAN CRISTOBAL
Fecha de recepción de la muestra:	28/01/2021
Código de Laboratorio:	210000826
Fecha de inicio de análisis:	28/01/2021
Fecha de término de análisis:	02/02/2021
Fecha de emisión:	09/03/2021

Físico Químicos

Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Turbidez	0,01	UNT	4,02
Alcalinidad	5	mg/L	555
Bicarbonatos	5	mg/L	555
Azufre	0,002	mg/L	< 0,002
Calcio	0,006	mg Ca/L	304,400
Hierro	0,004	mg Fe/L	1,116
Magnesio	0,02	mg Mg/L	28,00

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C.Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-16-01 / V02, 2020.10.19

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request

Offices, Resident Inspectors, Joint Venturehips, and Representativs throughtout os the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.

TIC COUNCIL

Pacific Control, Calidad y Medio ambiente

Laboratorios y certificaciones

Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Phone central: (+611) 680 2323

JE/CYP/CYP

Físico Químicos			
Análisis	LCM	Unidad	Resultados
Sodio	0,01	mg Na/L	130,63
Zinc	0,0004	mg Zn/L	0,0460
pH (Referencial)	0,01	Unidad de pH	6,59
Color	3	Unit.Pt-Co	< 3
Residuo Insoluble	0,1	%	< 0,1

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd.Ed.2017 Turbidity. Nephelometric Method
Alcalinidad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017 Alkalinity. Titration Method
Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd.Ed.2017 Alkalinity. Titration Method
Azufre	Method 200.7, Revision 4.4: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Calcio	Method 200.7: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Hierro	EPA Method 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Magnesio	Method 200.7: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Sodio	EPA Method 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Zinc	EPA Method 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
pH (Referencial)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017, pH Value. Electrometric Method
Color	MEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed.2017 Color. Spectrophotometric-Single-Wavelenght Method (Proposed)

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C.Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-15-01 / V02, 2020.10.19

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request

Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representativs throughtout os the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.

Pacific Control, Calidad y Medio ambiente

Laboratorios y certificaciones

Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador

Phone central: (+511) 680 2323

JE/CYP/CYP

Residuo insoluble	BC-CMA-1225 - Análisis por Perla Fundida siguiendo los lineamientos de la norma ASTM C 114

Observaciones
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

Quim. Celino Yahuana Palacios
Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL CMA SAC

FIN DE DOCUMENTO

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY. POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL CMA S.A.C.Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01 / V02, 2020.10.19

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representativs throughtout os the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.

Pacific Control, Calidad y Medio ambiente
Laboratorios y certificaciones
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
Phone central: (+511) 660 2323

JE/CYP/CYP

APÉNDICE 03: CUADROS DE ENSAYOS REALIZADOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por la ley N° 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio de tecnología de concreto de la E. P. ingeniería civil de Huancavelica

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO

GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO						
MASA INICIAL		3000			PERDIDA	0.03
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (grs.)	Peso Retenido (corregido)	% Parcial Retenido (grs.)	% ACUMULADO	
					Retenido	Pasa
3/8"	9.525	0	0	0.00	0.00	100.00
N°4	4.760	14.46	14.465	0.48	0.48	99.52
N°8	2.360	397.02	397.025	13.23	13.72	86.28
N°16	1.180	468.22	468.225	15.61	29.32	70.68
N°30	0.590	854.86	854.865	28.50	57.82	42.18
N°50	0.300	828.45	828.455	27.62	85.43	14.57
N°100	0.149	308.98	308.985	10.30	95.73	4.27
FONDO	0.000	127.98	127.98	4.27	100.00	0.00
TOTAL		2999.97	3000			

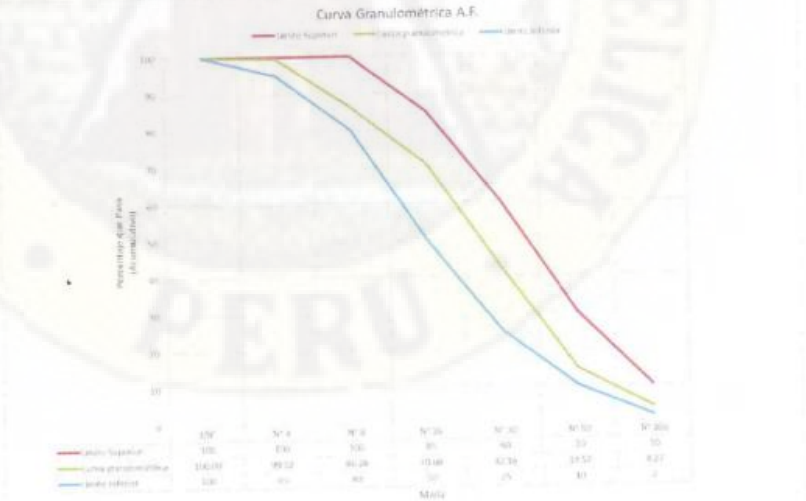
TM	N° 4
TMN	N° 8

ERROR	0.00%

$$MF = \frac{\Sigma\%\text{Ret. Acum. en los tamices (1 1/2"; 3/4"; 3/8"; \#4; \#8; \#16; \#30; \#50; \#100)}}{100}$$

MF	2.83	%

Figura 1. Curva granulométrica del agregado fino



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION Y SERVICIOS

Téc. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por la ley N° 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio de tecnología de concreto de la E. P. ingeniería civil de Huancavelica

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO.

GRANULOMETRIA DE AGREGADO GRUESO						
MASA INICIAL		5000			PERDIDA	0.97
					% ACUMULADO	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (grs.)	Peso Retenido (corregido)	% Parcial Retenido (grs.)	Retenido	Pasa
3"	76.120	0		0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.300	0		0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0		0.00	0.00	100.00
1"	25.400	103.15	103.344	2.07	2.07	97.93
3/4"	19.050	790.32	790.514	15.81	17.88	82.12
1/2"	12.700	1680.86	1681.054	33.62	51.50	48.50
3/8"	9.525	1078.45	1078.644	21.57	73.07	26.93
N°4	4.760	1275.74	1275.934	25.52	98.59	1.41
FONDO	0.000	70.51	70.51	1.41	100.00	0.00
TOTAL		**4999.03**	**5000**			

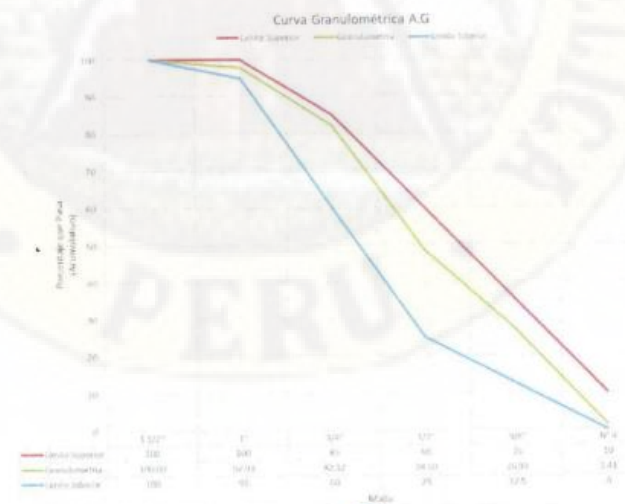
TM	1 1/2"
TMN	1"

ERROR	0.02%

$$MF = \frac{\Sigma\%\text{Ret. Acum. en los tamices (1 1/2"; 3/4"; 3/8"; \#4; \#8; \#16; \#30; \#50; \#100)}}{100}$$

MF	6.90	%

Figura 2. Curva granulométrica del agregado grueso



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL / HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tte. Lab. Alfredo Mendoza Soto

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

ITEM	AGREGADO FINO	PESO
A	Peso de la arena saturada superficialmente seca + peso del frasco	662.01 g
B	Peso de la arena saturada superficialmente seca + peso del frasco + peso del agua	968.96 g
C	Volumen del agua = B-A	306.95 cm3
D	Peso de la arena secada al horno	489.42 g
E	Volumen del frasco	500.00 cm3

PESO ESPECIFICO APARENTE	**2.68 g/cm3**
PESO ESPECIFICO SATURADO CON SUPERFICIE SECA (SSS)	**2.59 g/cm3**
PESO ESPECIFICO NOMINAL (MASA)	**2.54 g/cm3**
ABSORCIÓN (%)	**2.16%**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION Y CONSTRUCCION

Ing. Luis Alfredo Mendoza Soto

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

ITEM	AGREGADO GRUESO	PESO
A	Peso seco (en aire)	2948.50 g
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (en aire)	3000.30 g
C	Peso de la muestra saturada (en agua)	1868.10 g
D	Volumen de masa + volumen de vacios = B-C	1132.20 g
E	Volumen de la masa = A-C	1080.40 cm3

PESO ESPECIFICO APARENTE	**2.73 g/cm3**
PESO ESPECIFICO SATURADO CON SUPERFICIE SECA (SSS)	**2.65 g/cm3**
PESO ESPECIFICO NOMINAL (MASA)	**2.60 g/cm3**
ABSORCIÓN (%)	**1.76%**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PROYECCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por la ley N° 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio de tecnología de concreto de la E. P. ingeniería civil de Huancavelica

PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO.

	PESO UNITARIO SUELTO					
	AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
ITEM	1	2	3	1	2	3
PESO DEL MOLDE (Kg)	10.165	10.165	10.165	10.165	10.165	10.165
VOLUMEN MOLDE (m3)	0.00556	0.00556	0.00556	0.00556	0.00556	0.00556
PESO DEL MOLDE + ARENA (Kg)	19.010	19.000	19.020	17.870	17.850	17.845
PESO DE LA ARENA (Kg)	8.845	8.835	8.855	7.705	7.685	7.680
PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m3)	**1590.827**	**1589.029**	**1592.626**	**1385.791**	**1382.194**	**1381.295**

PROMEDIO 1590.827 1383.094

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

PESO UNITARIO COMPACTO DE AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO.

	PESO UNITARIO COMPACTO					
	AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
	1	2	3	1	2	3
PESO DEL MOLDE (Kg)	10.165	10.165	10.165	10.165	10.165	10.165
VOLUMEN MOLDE (m3)	0.00556	0.00556	0.00556	0.00556	0.00556	0.00556
PESO DEL MOLDE + ARENA (Kg)	19.615	19.620	19.615	18.660	18.680	18.685
PESO DE LA ARENA (Kg)	9.450	9.455	9.450	8.495	8.515	8.520
PESO UNITARIO COMPACTO (Kg/m3)	**1699.640**	**1700.540**	**1699.640**	**1527.878**	**1531.475**	**1532.374**

PROMEDIO	1699.940	1530.576

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO.

AGREGADO FINO

CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° TARA	2
PESO TARA	40
PT+ SH	252.09
PT+ SS	252.04
PESO AGUA	0.05
PESO SUELO	212.04
% HUMEDAD	0.02%

AGREGADO GRUESO

CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° TARA	1
PESO TARA	61.9
PT+ SH	644.28
PT+ SS	644.12
PESO AGUA	0.16
PESO SUELO	582.22
% HUMEDAD	0.03%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
JEFA DE PRACTICAS DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO. (20 ENSAYOS).

ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA DE CONCRETO								
PORCENTAJE	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	ENSAYO 4	PROMEDIO	UNIDAD		
00% AT	7.5	8.5	7.5	8	7.88	cm	3.1	pul
100% AT	9.50	8.50	9.50	10.00	9.38	cm	3.7	pul
75% AT	9.50	9.00	9.60	8.90	9.25	cm	3.6	pul
50% AT	8.50	9.00	8.70	8.80	8.75	cm	3.4	pul
25% AT	8.50	9.00	8.30	8.00	8.45	cm	3.3	pul

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO. (60 PROBETAS)

AGUA	PROMEDIO	UNIDAD
00% AT	2147.33	kg/m3
25% AT	2147.34	kg/m3
50% AT	2146.86	kg/m3
75% AT	2146.33	kg/m3
100% AT	2146.21	kg/m3

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE CONCRETO ESTADO ENDURECIDO. (60 PROBETAS)

AGUA	DENSIDAD PROMEDIO		
	7 días	14 días	28 días
00% AT	2325.73	2335.16	2322.89
25% AT	2311.20	2330.89	2350.08
50% AT	2329.31	2330.51	2320.28
75% AT	2327.90	2323.71	2347.49
100% AT	2339.18	2345.03	2313.91

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
Téc. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por la ley N° 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio de tecnología de concreto de la E. P. ingeniería civil de Huancavelica

AT: AGUA TERMAL

AP: AGUA POTABLE

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C= 210 KG7CM2 DE AT 00% + AP 100%A

NÚMERO	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO	EDAD	CARGA (kg)	TENSIÓN (Kg/cm2)
1	15/09/2021	23/09/2021	152.31	7 dias	23500.00	133.00
2	15/09/2021	23/09/2021	152.31	7 dias	24470.00	138.50
3	15/09/2021	23/09/2021	152.31	7 dias	22970.00	130.00
4	15/09/2021	23/09/2021	152.31	7 dias	23780.00	134.50
5	15/09/2021	30/09/2021	152.31	14 dias	26840.00	151.90
6	15/09/2021	30/09/2021	152.31	14 dias	27960.00	158.30
7	15/09/2021	30/09/2021	152.31	14 dias	29740.00	168.30
8	15/09/2021	30/09/2021	152.31	14 dias	30850.00	174.60
9	15/09/2021	07/10/2021	152.31	21 dias	36060.00	204.00
10	15/09/2021	07/10/2021	152.31	21 dias	40340.00	228.30
11	15/09/2021	07/10/2021	152.31	21 dias	36120.00	204.40
12	15/09/2021	07/10/2021	152.31	21 dias	34600.00	195.80
13	15/09/2021	14/10/2021	151.46	28 dias	39380.00	222.80
14	15/09/2021	14/10/2021	151.78	28 dias	37800.00	213.90
15	15/09/2021	14/10/2021	151.80	28 dias	46380.00	262.40
16	15/09/2021	14/10/2021	151.39	28 dias	38430.00	217.50

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
JEFE DE PRODUCCION DE LA EAPIC

Ing. Alfredo Mendoza Soto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por la ley N° 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio de tecnología de concreto de la E. P. ingeniería civil de Huancavelica

AT: AGUA TERMAL

AP: AGUA POTABLE

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C= 210 KG7CM2 DE AT 25% + AP 75%

NÚMERO	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO	EDAD	CARGA (kg)	TENSIÓN (Kg/cm2)
1	23/09/2021	23/09/2021	152.31	7 dias	21890.000	123.90
2	23/09/2021	24/09/2021	152.31	7 dias	24500.000	138.70
3	23/09/2021	25/09/2021	152.31	7 dias	25300.000	143.20
4	23/09/2021	26/09/2021	152.31	7 dias	23340.000	143.40
5	23/09/2021	27/09/2021	152.31	14 dias	34510.000	195.30
6	23/09/2021	28/09/2021	152.31	14 dias	33340.000	188.70
7	23/09/2021	29/09/2021	152.31	14 dias	36350.000	205.70
8	23/09/2021	30/09/2021	152.31	14 dias	30770.000	174.10
9	23/09/2021	21/09/2021	151.90	28 dias	38200.000	216.20
10	23/09/2021	21/09/2021	151.27	28 dias	39060.000	221.00
11	23/09/2021	21/09/2021	151.82	28 dias	38450.000	217.60
12	23/09/2021	21/09/2021	151.69	28 dias	37680.000	213.20
13	23/09/2021	21/09/2021	151.69	29 dias	41800.000	236.50

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE LABORATORIO DE CIENCIA

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por la ley N° 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio de tecnología de concreto de la E. P. ingeniería civil de Huancavelica

AT: AGUA TERMAL

AP: AGUA POTABLE

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C= 210 KG7CM2 DE AT 50% + AP 50%

NÚMERO	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO	EDAD	CARGA (kg)	TENSIÓN (Kg/cm2)
1	22/09/2021	23/09/2021	152.31	7 dias	19690.000	111.40
2	22/09/2021	24/09/2021	152.31	7 dias	17330.000	98.07
3	22/09/2021	25/09/2021	152.31	7 dias	15070.000	85.30
4	22/09/2021	26/09/2021	152.31	7 dias	28470.000	161.10
5	22/09/2021	27/09/2021	152.31	14 dias	24520.000	138.80
6	22/09/2021	28/09/2021	152.31	14 dias	28790.000	162.90
7	22/09/2021	29/09/2021	152.31	14 dias	27770.000	157.10
8	22/09/2021	30/09/2021	152.31	14 dias	28150.000	159.30
9	22/09/2021	20/10/2021	151.81	28 dias	39770.000	225.10
10	22/09/2021	20/10/2021	152.31	28 dias	38420.000	217.40
11	22/09/2021	20/10/2021	152.31	28 dias	33030.000	186.90
12	22/09/2021	20/10/2021	152.31	28 dias	34480.000	195.10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - FIC
AREA DE TECNOLOGIA DE LA CONCRETO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por la ley N° 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio de tecnología de concreto de la E. P. ingeniería civil de Huancavelica

AT: AGUA TERMAL

AP: AGUA POTABLE

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO F'C= 210 KG7CM2 DE AT 75% + AP 25%

NÚMERO	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO	EDAD	CARGA (kg)	TENSIÓN (Kg/cm2)
1	28/09/2021	23/09/2021	152.31	7 dias	17450.000	98.70
2	28/09/2021	24/09/2021	152.31	7 dias	19780.000	111.90
3	28/09/2021	25/09/2021	152.31	7 dias	18460.000	104.50
4	28/09/2021	26/09/2021	152.31	7 dias	15150.000	86.00
5	21/09/2021	05/10/2021	152.31	14 dias	24110.000	136.40
6	21/09/2021	05/10/2021	152.31	14 dias	23510.000	133.00
7	21/09/2021	05/10/2021	152.31	14 dias	21990.000	124.40
8	21/09/2021	05/10/2021	152.31	14 dias	27760.000	157.10
9	21/09/2021	19/10/2021	151.98	28 dias	35960.000	203.50
10	21/09/2021	19/10/2021	151.91	28 dias	37870.000	214.30
11	21/09/2021	19/10/2021	151.23	28 dias	35090.000	198.60
12	21/09/2021	19/10/2021	151.30	28 dias	38110.000	215.60

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por la ley N° 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio de tecnología de concreto de la E. P. ingeniería civil de Huancavelica

AT: AGUA TERMAL

AP: AGUA POTABLE

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETO F´C= 210 KG7CM2 DE AT 100% + AP 00%

NÚMERO	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO	EDAD	CARGA (kg)	TENSIÓN (Kg/cm2)
1	17/09/2021	24/09/2021	152.31	7 dias	18190.000	103.00
2	17/09/2021	24/09/2021	152.31	7 dias	18200.000	103.00
3	17/09/2021	24/09/2021	152.31	7 dias	15740.000	89.09
4	17/09/2021	24/09/2021	152.31	7 dias	17460.000	98.80
5	17/09/2021	01/10/2021	152.31	14 dias	26840.000	110.80
6	17/09/2021	01/10/2021	152.31	14 dias	27960.000	136.20
7	17/09/2021	01/10/2021	152.31	14 dias	29740.000	115.10
8	17/09/2021	01/10/2021	152.31	14 dias	30850.000	116.90
9	17/09/2021	15/10/2021	157.96	28 dias	34980.000	197.90
10	17/09/2021	15/10/2021	151.24	28 dias	36160.000	204.60
11	17/09/2021	15/10/2021	151.57	28 dias	35630.000	201.60
12	17/09/2021	15/10/2021	151.70	28 dias	36800.000	208.20

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE INVESTIGACION Y PRACTICA

Ing. Luis Alfredo Mendoza Soto

APÉNDICE 04: CONSTANCIA DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAVELICA

ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

EL JEFE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA, otorga la presente:

CONSTANCIA

A: ***SALVATIERRA DE LA CRUZ Jhonsver Alfredo y UNTIVEROS LEON Tobias Edverson,*** *bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido con el desarrollo los siguientes ensayos en el laboratorio de* ***TECNOLOGÍA DEL CONCRETO*** *de la EPICH:*

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO	01
2	PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO	01
3	PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO	01
4	PESO UNITARIO COMPACTO DE AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO	01
5	CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREDADO FINO Y AGREGADO GRUESO	01
6	ENSAYO DE ASENTAMIENTO	20
7	CURADO DE ESPECIMENES DE CONCRETO	60
8	ENSAYO DE PESO UNITARIO DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO	60
9	ENSAYO DE PESO UNITARIO DE CONCRETO ESTADO ENDURECIDO	60
10	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	60

Durante el periodo de ejecución comprendido del 15 de agosto del 2021 al 28 de octubre del 2021, del proyecto de tesis titulado: ***"INFLUENCIA DEL AGUA TERMAL EN LAS PROPIUEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO".***

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para fines que estimen por conveniente.

Huancavelica, 25 de Abril de 2022.

Nº 001-2022

C. c.
Archivo
AP

AREA DE PRODUCCIÓN DE LA E.A.P. DE ING. CIVIL - HVCA
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN

M.SC. IVAN ARTURO AYALA BIZARRO
JEFE

APÉNDICE 05: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura A- 1. Recolección de muestra de agua termal para el análisis físico químico

Figura A- 2. Muestreo, selección y almacenamiento de los agregados

Figura A- 3. Ensayos para determinar las propiedades del agregado grueso

Figura A- 4. Ensayos para determinar las propiedades del agregado fino

Figura A- 5. Ensayo para determinar peso unitario compacto de agregados

Figura A- 6. Análisis granulométrico de agregado grueso

Figura A- 7. Análisis granulométrico de agregado fino

Figura A- 8. Elaboración de probetas de concreto

Figura A- 9. Elaboración de probetas de concreto

Figura A- 10. Elaboración de probetas de concreto

Figura A- 11. Ensayo de asentamiento del concreto fresco

Figura A- 12. Ensayo de peso unitario de concreto en estado fresco

Figura A- 13. Ensayo de peso unitario de concreto en estado endurecido

Figura A- 14.curado de concreto con diferentes porcentajes de agua termal

Figura A- 15. Ensayo de resistencia del concreto con diferentes porcentajes de agua

Figura A- 16. Ensayo de resistencia del concreto con diferentes porcentajes de agua

Figura A- 17. Ensayo de resistencia del concreto con diferentes porcentajes de agua

Figura A- 18. Ensayo de resistencia del concreto con diferentes porcentajes de agua

Figura A- 19. Inspección de asesor en los ensayos de resistencia a la compresión.

APÉNDICE 06: ARTÍCULO CIENTÍFICO

Se adjunta el artículo científico que es el producto final de nuestra investigación que fue publicado en la Revista ECIPeru indexada a Latindex con DOI: https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2021.0007

.

Influencia del agua termal sobre las propiedades físicas del concreto, Huancavelica

Tobías Edverson Untiveros Leon, Jhonsver Alfredo Salvatierra De la Cruz, Abdon Dante Olivera Quintanilla, Jorge Luis Ortega Vargas

Universidad Nacional de Huancavelica, Avenida Agricultura 319-321, Paturpampa 09001, Huancavelica, Perú

Enviado el 10 de noviembre del 2021. Aceptado el 8 de enero del 2022.

DOI: https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2021.0007/

Resumen

Actualmente uno de los principales problemas que genera el sector de construcción se produce por uso desmesurado del agua potable convirtiendo al agua termal en una alternativa sostenible para mitigar el impacto o daño ambiental y potenciar su uso en la industria de la construcción. En el presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la influencia del agua termal sobre las propiedades físicas del concreto, buscando reemplazar el agua potable de la mezcla de concreto con el agua termal de la piscina San Cristóbal en la ciudad de Huancavelica. Se realiza estudios físicos y químicos al agua para ser usada en la elaboración de concreto. El diseño de mezcla para resistencias de: f'c = 210 kg/cm2, según el método ACI 211; para ello utilizamos agregado grueso de cantera Ocopa (Lircay), fino de cantera Orcotuna (Huancayo), cemento Andino Extraforte, agua termal con diferentes concentraciones de 25%,50%,75%,100% y agua potable como control positivo, se elaboró 60 probetas de concreto de 6 por 12 pulgadas. Se estudia el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido a edades de 7, 14 y 28 días, respecto al primero se determinó el asentamiento, peso unitario y al estado endurecido la resistencia a compresión, peso unitario. La presencia de agua termal en el concreto fresco en porcentajes de 25%,50%,75%, 100% aumenta la consistencia de la mezcla (asentamiento) en 3.3 pulg, 3.4 pulg, 3.6 pulg, 3.7 pulg respectivamente ; en estado endurecido, la resistencia a compresión a 28 días al aumentar porcentajes de 25%,50%,75%, 100% de agua termales es de 217 kg/cm2, 212.53 kg/cm2, 208 kg/cm2 y 203 kg/cm2 respectivamente y los pesos unitarios permanecen sin cambios significativos. Se concluye que es factible el uso del agua termal en la preparación del concreto puesto que cumple con los requisitos mínimos que señala la Norma Técnica Peruana, especialmente el 25% de agua termal a 14 días incrementa la resistencia en más de 10% de resistencia esperada; siendo en todos los casos aptos para su utilización según la norma, lo que produciría un impacto positivo, reduciendo el uso de agua potable y llegar a ser empleada en contexto local Huancavelicano.

Descriptores: *concreto, agua termal, construcción, sostenible, resistencia, asentamiento, peso unitario*

Abstract

Currently one of the main problems generated by the construction sector is caused by excessive use of drinking water, making thermal water a sustainable alternative to mitigate environmental impact or damage and enhance its use in the construction industry. The objective of this research work is to determine the influence of thermal water on the physical properties of concrete, seeking to replace the drinking water of the concrete mixture with the thermal water of the San Cristóbal pool in the city of Huancavelica. Physical and chemical studies are carried out on water to be used in the manufacture of concrete. The mixture design for resistances of: f'c = 210 kg / cm2, according to the ACI 211 method; For this we use coarse aggregate from Ocopa quarry (Lircay), fine from Orcotuna quarry (Huancayo), Andean Extraforte cement, thermal water with different concentrations of 25%, 50%, 75%, 100% and

drinking water as a positive control. 60 6-by-12-inch concrete specimens. The behavior of concrete in the fresh and hardened state is studied at ages of 7, 14 and 28 days, with respect to the first, the settlement, unit weight and the hardened state the compressive strength, unit weight were determined. The presence of thermal water in fresh concrete in percentages of 25%, 50%, 75%, 100% increases the consistency of the mix (slump) by 3.3 in, 3.4 in, 3.6 in, 3.7 in respectively; In the hardened state, the compressive strength at 28 days when increasing percentages of 25%, 50%, 75%, 100% of thermal water is 217 kg / cm2, 212.53 kg / cm2, 208 kg / cm2 and 203 kg / cm2 respectively and the unit weights remain without significant changes. It is concluded that the use of thermal water in the preparation of concrete is feasible since it meets the minimum requirements established by the Peruvian Technical Standard, especially 25% of thermal water after 14 days increases the resistance by more than 10% of the expected resistance; being in all cases suitable for use according to the norm, which would produce a positive impact, reducing the use of drinking water and becoming used in the local Huancavelicano context.

Keywords: *concrete, thermal water, construction, sustainable, strength, settlement, unit weight*

1. Introducción

El concreto es uno de los materiales de más uso en la construcción a nivel mundial, nacional y regional, uno de los componentes más importantes es el agua donde es indispensable en el proceso de construcción, el agua potable es un insumo muy escaso en los últimos años siendo necesario su mejor uso y aprovechamiento racional, por esta razón buscamos nuevas alternativas como el uso de aguas termales enfocados en la construcción. Actualmente, una de cada cinco personas (20%) de la población mundial no tiene acceso al agua potable en el mundo, y se prevé que para el 2025 dos tercios de la población mundial, o sea 66.6%, enfrentará problemas de escasez del agua, y un tercio de la población global (33.3%) vivirán en escasez absoluta del agua [1]. Latinoamérica a pesar de contar con la tercera parte de las fuentes de agua dulce en el mundo, será una de las regiones más afectadas por el cambio climático. La escasez del agua en el Perú se da principalmente en las zonas con menos recursos económicos, motivo por el cual muchos peruanos compran agua a camiones cisternas, exponiéndose a diferentes enfermedades. Además, el uso de este importante líquido está racionalizado, de modo que algunas familias cuentan con agua potable solo por algunas horas [2] .

Se consideran aguas termales a aquellas que surgen del interior de la Tierra cuya temperatura es superior a los 20ºC o aguas con temperaturas superiores en 5 o 6ºC a la temperatura ambiental de la zona de surgencia [3]. De que estas aguas provienen de capas subterráneas que se hallan a mayor temperatura, las cuales son ricas en diferentes componentes minerales [4]. El recurso termal en el país se encuentra ampliamente distribuido. Prácticamente contamos con fuentes en todas las regiones del país, con excepción de la selva baja y algunas zonas costeras. Casi en la totalidad de las fuentes termales se encuentran ubicadas sobre los 2000 msnm en la cordillera andina, sólo 17 de más de 500 fuentes inventariadas a nivel nacional [3].

Que es factible el uso del agua termal en la preparación del concreto puesto que cumple con los requisitos mínimos que señala la norma además la norma señala que se puede utilizar aguas no potables en el uso del concreto cuya reducción en la resistencia del concreto no sea mayor al 10 % [5]. El concreto con agua subterránea tuvo mejor resistencia donde se obtuvo un 113.34% de la resistencia requerida, también podemos concluir que nuestras mezclas de concreto eran de consistencia normal y de buena manejabilidad, obteniendo resultados de asentamiento muy cercanos al asentamiento de diseño que fue de 3”-4”, lo que quiere decir que la mezcla tiene una cantidad de agua óptima sin necesidad de un tratamiento previo [6].
La finalidad del tema de investigación es formar conocimiento a partir de circunstancias propias de la zona por tal razón el objetivo es determinar la influencia del agua termal de 25%,50%,75% y 100% sobre las propiedades físicas del concreto buscando nuevas alternativas sostenibles de reemplazar el agua potable de la mezcla de concreto con agua termal [7].

2. Metodología

2.1. Tipo de investigación

- Cuantitativo

2.2. Nivel de investigación

- Explicativo

2.3. Diseño de investigación

Experimental. - Su característica principal consiste en la manipulación, control y aleatorización de las variables, ya que se realizó ensayos de laboratorio para obtener resultados de un grupo experimental y un grupo de control.

2.4. Variables:

- **Independiente:** agua termal.
- **Dependiente:** asentamiento, peso unitario en concreto fresco, peso unitario en concreto endurecido, resistencia a compresión.

2.5. Población

La población para el presente proyecto estará constituida por probetas de 6" x 12" (15 cm de diámetro x 30 cm de altura). Especímenes cilíndricas estándares de concreto para resistencia de f'c = 210 kg/cm2, elaborado con agua termal de 25%,50%,75% y 100% y agua potable como control.

2.6. Muestra

El número de muestras serán 60 probetas de 6" x 12" pulgadas especímenes cilíndricas estándares de concreto para resistencia de f'c = 210 kg/cm2, hay cuatro diseños para cada diseño se hicieron 12 probetas, elaborados y conformados con diferentes porcentajes de agua termal de 25%,50%,75% y 100%, y como control positivo se han elaborado 12 probetas con 100% agua potable, fueron etiquetados con las siglas AP (agua potable) y AT (agua termal), a los cuales se le asignó una numeración "1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12", se presenta la tabla 1 para mayor comprensión.

Tabla 1. Registro o cantidad de probetas

Tipo de mezcla	Edad de los especímenes (días)		
	7	14	28
Agua Potable 100%	4	4	4
AT 25°% + AP 75%	4	4	4
AT 50°% + AP 50%	4	4	4
AT 75°% + AP 25%	4	4	4
Agua Termal 100°%	4	4	4
Subtotal	20	20	20
Total	60 (sesenta)		

2.7. Conceptos básicos y definición de términos

2.7.1 Concreto

Se dice que concreto es una mezcla adecuadamente dosificada de cemento, agua, agregados finos y gruesos, las propiedades del concreto están determinadas principalmente por las características físicos y químicas de los materiales que lo componen, hay dos estados del concreto el fresco y endurecido [8].

2.7.2 Cemento

Es el elemento que tiene la propiedad de fraguar y endurecer con la presencia del agua, porque la reacción es químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes [9].

2.7.3 Agua

Es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que estas desarrollen sus propiedades aglutinantes, es indispensable para la elaboración de concretos ya que de este elemento depende su hidratación, es importante conocer las características físicas y químicas del tipo de agua que se va a emplear [8].

2.7.4 Agregados

Los agregados son materiales inertes que tienen una resistencia propia suficiente que no perturban ni afectan en el proceso de endurecimiento del cemento, garantizan una adherencia con la pasta de cemento endurecida, dentro de los agregados encontramos dos clasificaciones, los agregados gruesos o gravas y los agregados finos o arenas a los que realizó sus respectivos análisis [8].

2.7.5 Análisis granulométrico

El análisis granulométrico es el proceso de dividir una muestra de agregado en partes de igual tamaño de partículas. Su propósito es determinar la distribución por tamaño del agregado.

2.7.6 Recolección de datos

Lugar y ubicación del desarrollo de la investigación en el barrio San Cristóbal, distrito, provincia y departamento de Huancavelica, con impacto en la misma Ciudad de Huancavelica en la manipulación, control y aleatorización de las variables de la

investigación se realizó dentro de las instalaciones la Universidad Nacional de Huancavelica, el espacio temporal se dio entre los meses de febrero a octubre del año 2021. Utilizando como instrumentos: ficha de registros de, hojas de cálculo digitales para el procesamiento de datos y cámara fotográfica durante el proceso de investigación.

2.8. Procesamiento y Obtención de datos

Cemento: Se utiliza el tipo de cemento Andino Forte para construcción de obras en general, producido por la empresa UNACEM bajo los parámetros establecidos en la norma NTP 334.009 [10].

Agregado fino y agregado grueso: Su definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos bajo la norma NTP 400.011 [11], los agregados grueso y fino proceden de cantera Ocopa (Lircay), de cantera Orcotuna (Huancayo), respectivamente, bajo los parámetros establecidos en la norma NTP 400.037 [12], para extracción y preparación de las muestras la norma NTP 400.010.

Toma de muestra de agua: El agua utilizada para la elaboración de concreto de control es agua potable de la red suministrado por la empresa Emapa Huancavelica S.A.C y agua termal se extrajo de la piscina San Cristóbal en las coordenadas UTM DATUM WGS 84 – Zona 18S: 50°28’10.33” E; 85°86’833.24” N, Cota: 3660 msnm, la extracción se realizó el 12 de febrero de 2021 en condiciones climáticas adecuadas. Bajo los parámetros establecidos en la norma NTP 339.070 [13].

Análisis físico-químico del agua: La caracterización del agua se realizó en laboratorio PACIFIC CONTROL CMA (certificada por INACAL) en Lima, Perú donde fueron transportadas, protegidas y refrigerada de manera adecuada en frascos que el mismo laboratorio nos proporcionó bajo los parámetros estipulados en la Norma Técnica Peruana 339.088 [14].

Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global: El ensayo consistió en separar a través de una serie de tamices, una muestra seca de agregado fino y grueso con una masa conocida donde los tamices van progresivamente de una abertura mayor a menor para determinar la distribución de del tamaño de partículas, teniendo en cuenta el protocolo que estipula en el laboratorio de la universidad, se pesa una cantidad representativa de los agregados; para el agregado fino una cantidad mínima de 300 gramos y para el agregado grueso unos 5000 gramos como mínimo según la NTP 400.012 [15] y ASTM C33, para determinar el porcentaje de los pesos retenidos en cada tamiz.

Peso específico y absorción de agregados gruesos: El ensayo consistió en determina la relación con temperatura constante de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable tiene que estar incluyendo los poros permeables e impermeables que son naturales del material respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua termal libre de gases bajo los parámetros de la Norma NTP 400.021 y ASTM C 127.

Gravedad específica y absorción de agregados finos: El procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible evaporación, por lo que no está incluida en el porcentaje determinado por este método bajo los parámetros de la Norma NTP 400.022 [16] y ASTM C128

Diseño de mezcla de concreto: Se realiza en laboratorio de tecnología de concreto de la Universidad Nacional de Huancavelica teniendo en cuenta los parámetros y las especificaciones estipulados en la Norma ACI 211 [17]. Teniendo en cuenta información y parámetros básicos para el diseño que son:

- El cemento: el tipo y su densidad.
- Los agregados: análisis granulométrico, módulo de fineza, tamaño máximo nominal, gravedad específica, porcentaje de absorción, peso unitario suelto y compacto, su porcentaje de humedad.
- El agua: su procedencia, condición y algunos análisis en caso sea necesario.
- El porcentaje de aire: según el tamaño máximo y asentamiento requerido.
- Características geométricas, diseño de los elementos a construir, definir la consistencia adecuada (Asentamiento o Slump) y el tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Resistencia especificada del cálculo, f´c (teórico).

- El grado de control en campo, definido por la desviación estándar (σ) y el coeficiente de variación (v).

Probetas de concreto: Se utiliza probetas ó briqueteras de 6" x 12" (150 mm de diámetro x 300 mm de altura). Las probetas y la elaboración de especímenes de concreto cumplen la norma NTP 339.033 [18].

Toma de muestras del concreto en estado fresco: Se toma las muestras de concreto fresco sobre el cual se realizó las pruebas de peso unitario , asentamiento con el cono de Abrams donde deberán ser representativas de la tanda y se tomó de acuerdo con lo indicado en la NTP 339.036 [19].

Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio: Luego de ser fabricadas las muestras cilíndricas utilizadas para las pruebas de caracterización, se mantiene en su respectivo molde durante las primeras 24 horas ± 8 horas después del vaciado; luego de ello se desmolda y se introduce en una cámara de curado, las muestras deben ser sumergidas en agua en un tanque de almacenamiento de acuerdo a los requisitos de la NTP 334.077 [20] a temperatura de 23 ± 2 °C, todo está descrito en la norma NTP 339.183.

Ensayo de la resistencia a compresión del concreto: Los ensayos de compresión a los cilindros de concreto de 210 kg/cm2 se realiza a las edades de 7, 14 y 28 días por medio de una máquina de compresión la prensa digital ELE INTERNATIONAL modelo 36-0718/06 capacidad 500.000 lbf (2.224 kN), en las instalaciones del laboratorio de tecnología de concreto de la Universidad Nacional de Huancavelica apoyándonos bajo los parámetros estipulados en la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 [21] y la Norma Técnica ASTM C39, con lo que determina la resistencia máxima adquirida de los bloques de concreto en los tiempos de rotura establecidos.

Ecuaciones Utilizadas:

$$F'c = \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{A}}$$

F'c: resistencia
P: Fuerza aplicada
A: Área

La resistencia a la compresión del concreto de acuerdo a la norma E.060 Concreto Armado, si se usa agua no potable, las probetas ensayadas a compresión deben tener resistencia de por lo menos el 90% de similares con agua potable.

Peso unitario del concreto: Es el método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. Se coloca el concreto en el recipiente de medición en tres capas de aproximadamente igual volumen. Donde se apisona cada capa con 25 golpes con la barra compactadora cuando después de que cada capa ha sido apisonada golpee los lados del recipiente con un mazo 12 veces, usando la fuerza adecuada para cerrar los huecos causados por la varilla perforada y elimine las grandes burbujas de aire atrapado según la norma NTP 339.046 [22] o Norma NTP 400.017, que fue tomada en su totalidad de la norma ASTM C29.

Ecuaciones Utilizadas:

$$\delta = \frac{W}{V}$$

δ: Densidad del hormigón (gr/cm^3)
W: Masa de la probeta (gr)
V: Volumen de la probeta (cm^3)

Asentamiento del concreto: Ensayo de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams, de dicho ensayo se comprobó consistencia o fluidez del concreto depende de la cantidad de agua de mezclado según la Norma NTP 339.035 [23] y ASTM C143, se ha encontrado una relación directa entre la cantidad del agua y el asentamiento de una mezcla de concreto. Utilizamos molde de metal con forma cono abierto en sus extremos el diámetro de base inferior 8 pulgadas (20 cm) y parte superior de 4 pulgadas (10 cm) formando un ángulo recto con el eje del cono, la altura del molde es 12 pulgadas (30 cm).

Trabajo de gabinete: Se hace con el programa Microsoft Office 2016 (Excel 2016) para comparar y analizar las variables en los especímenes de concreto elaborados con agua potable y agua termal, utilizando este último como insumo alternativo en función de sus parámetros físicos y químicos.

3. Resultados y Discusión de resultados

3.1. Resultados de las propiedades físicas y químicas del agua termal.

Se realiza estudios físicos y químicos Para determinar sus características al agua como: cloruros, sulfatos, sales de magnesio, sales solubles, pH, sólidos en suspensión (residuo insoluble), materia orgánica, alcalinidad, se obtuvieron los siguientes resultados, los mismos que serán comparados con los parámetros establecidos por la NTP. 339.088.

Tabla 2. Resultados de las características físicas y químicas del agua termal y los límites máximos tolerables.

Descripción	***Limite Permisible***	***Resultado***
Sólidos en suspensión	*5000 ppm max*	*5*
Materia orgánica	*3 ppm max*	*<0.5*
Alcalinidad	*1000 ppm max*	*555*
Sulfato	*600 ppm max*	*281*
Cloruro	*1000 ppm max*	*22*
PH	*5 a 8*	*6.59*
Turbidez	*unt*	*4.02*
Bicarbonatos	*mg/L*	*555*
Azufre	*mg/L*	*<0.002*
Calcio	*mg Fe/L*	*304.4*
Magnesio	*mg Mg/L*	*28*

Interpretación:

Observamos los resultados realizados a una muestra superficial de agua termal del barrio San Cristóbal, donde se aprecia que la cantidad de elementos dañinos para el concreto que este contiene se encuentran dentro de los límites máximos permitidos, todos los parámetros obtenidos en el agua termal se encuentran dentro del rango permisible para el uso en el mezclado del concreto según el MTC y la Norma Técnica Peruana.

Granulometría

Los resultados del análisis granulométrico se muestran en la figura 1 y 2, bajo la norma NTP 400.037, se puede apreciar que tiene una buena distribución de sus partículas, es decir, es una arena bien graduada, puesto que se encuentra en su totalidad dentro de los límites granulométricos dispuestos.

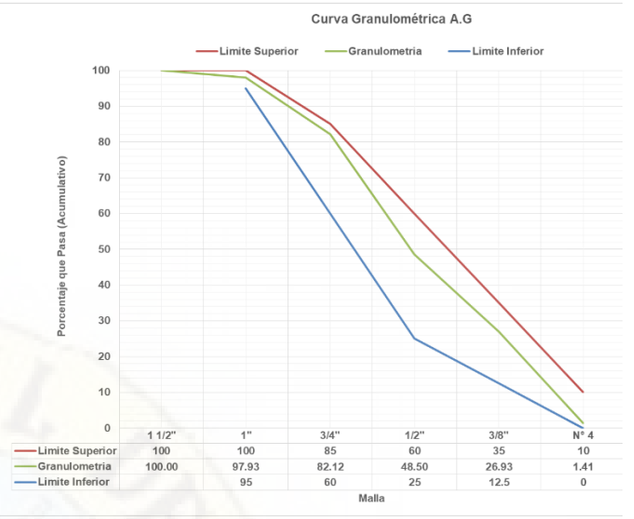


Figura 1. Curva granulométrica del agregado grueso

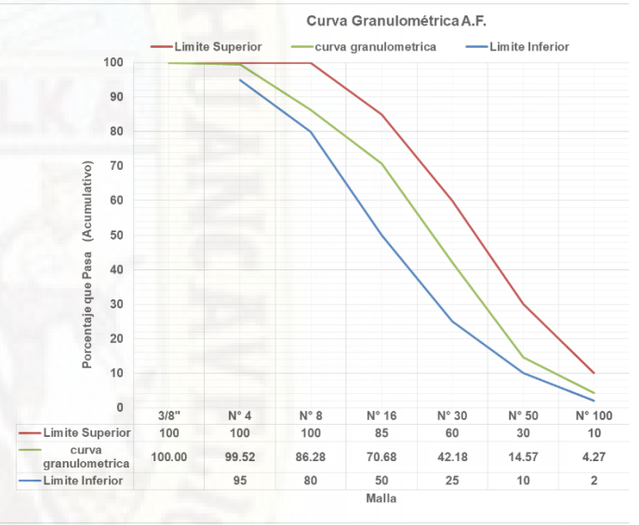


Figura 2. Curva granulométrica del agregado fino

Interpretación:

Los ensayos de granulometría de los agregados de la cantera donde se extrajo los agregados están dentro de los límites establecidos estos cumplen con los husos granulométricos, por tanto, los tamaños máximos y nominales son confiables.

3.2. Diseño de mezcla de concreto

Primeramente, se realiza la caracterización de los agregados, agregado grueso de cantera Ocopa (Lircay) y agregado fino de cantera Orcotuna (Huancayo), en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Tabla 3: Características físicas de los agregados.

Características físicas de los agregados			
Propiedad física	*Agregado grueso*	*Agregado fino*	*unidad*
Procedencia	*Orcotuna*	*Ocopa*	
tamaño máximo	*1 1/2"*	*3/8"*	*pulgada*
tamaño máximo nominal	*1"*	*Nº 4*	*pulgada*
%humedad natural	*0.00*	*0.00*	*%*
% de absorción	*1.76*	*2.16*	*%*
peso especifico	*2.6*	*2.54*	*gr/cm3*
peso unitario suelto	*1383*	*1590*	*kg/cm3*
peso unitario varillado	*1530*	*1699*	*kg/cm3*

Tabla 4: Propiedades químicas, físicas y mecánicas del cemento.

Designación	***Fórmula***	***Porcentaje***
Silicato tricálcico	*3CaO.SiO2*	*30% a 50%*
Silicato dicálcico	*2CaO.SiO2*	*15% a 30%*
Aluminato tricálcico	*3CaO.Al2O3*	*4% a 12%*
Ferro aluminato tetracálcico	*4CaO.Al2O3.Fe2O3*	*8% a 13%*
Peso especifico		*3.12 a 3.15*

Interpretación:

Observamos que los agregados cumplen con la norma garantizando así plenamente que sean de alta calidad y que poseen las propiedades mecánicas que le permitan un buen desempeño en la mezcla de concreto.

Tabla 5: Valores promedios de la resistencia a la compresión axial, con diferentes aguas termales a 7días.

% Agua	*Muestra*	*Diámetro*	*Edad*	*Resistencia de diseño (Kg/cm2)*	*Carga ultima (Kg)*	*Resistencia (Kg/cm2)*	*Resistencia Promedio*	*% Resistencia*
100% Agua potable (Control)	*1*	*152.31*	*7 días*	*210*	*23500*	*133.00*	*134.00*	*104.69%*
	2	*152.31*	*7 días*	*210*	*24470*	*138.50*		
	3	*152.31*	*7 días*	*210*	*22970*	*130.00*		
	4	*152.31*	*7 días*	*210*	*23780*	*134.50*		
100% Agua termal	*1*	*152.31*	*7 días*	*210*	*18190*	*103.00*	*98.47*	*73.49%*
	2	*152.31*	*7 días*	*210*	*18200*	*103.00*		
	3	*152.31*	*7 días*	*210*	*15740*	*89.09*		
	4	*152.31*	*7 días*	*210*	*17460*	*98.80*		
75% Agua termal y 25% agua potable	*1*	*152.31*	*7 días*	*210*	*17450*	*98.70*	*100.28*	*74.83%*
	2	*152.31*	*7 días*	*210*	*19780*	*111.90*		
	3	*152.31*	*7 días*	*210*	*18460*	*104.50*		
	4	*152.31*	*7 días*	*210*	*15150*	*86.00*		
50% Agua termal y 50% agua potable	*1*	*152.31*	*7 días*	*210*	*19690*	*111.40*	*113.97*	*85.05%*
	2	*152.31*	*7 días*	*210*	*17330*	*98.07*		
	3	*152.31*	*7 días*	*210*	*15070*	*85.30*		
	4	*152.31*	*7 días*	*210*	*28470*	*161.10*		
25% Agua termal y 75% agua potable	*1*	*152.31*	*7 días*	*210*	*21890*	*123.90*	*137.30*	*102.46%*
	2	*152.31*	*7 días*	*210*	*24500*	*138.70*		
	3	*152.31*	*7 días*	*210*	*25300*	*143.20*		
	4	*152.31*	*7 días*	*210*	*23340*	*143.40*		

Tabla 6: Valores promedios de la resistencia a la compresión axial, con diferentes aguas termales a 7días.

% Agua	Muestra	Diámetro	Edad	Resistencia de diseño (Kg/cm2)	Carga ultima (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia Promedio	% Resistencia
100% Agua potable (Control)	5	152.31	14 días	210	26840	151.90	167.07	99.44%
	6	152.31	14 días	210	27960	158.30		
	7	152.31	14 días	210	29740	168.30		
	8	152.31	14 días	210	30850	174.60		
100% Agua termal	5	152.31	14 días	210	26840	110.80	119.75	71.68%
	6	152.31	14 días	210	27960	136.20		
	7	152.31	14 días	210	29740	115.10		
	8	152.31	14 días	210	30850	116.90		
75% Agua termal y 25% agua potable	5	152.31	14 días	210	24110	136.40	137.73	82.44%
	6	152.31	14 días	210	23510	133.00		
	7	152.31	14 días	210	21990	124.40		
	8	152.31	14 días	210	27760	157.10		
50% Agua termal y 50% agua potable	5	152.31	14 días	210	24520	138.80	154.53	92.49%
	6	152.31	14 días	210	28790	162.90		
	7	152.31	14 días	210	27770	157.10		
	8	152.31	14 días	210	28150	159.30		
25% Agua termal y 75% agua potable	5	152.31	14 días	210	34510	195.30	190.95	114.30%
	6	152.31	14 días	210	33340	188.70		
	7	152.31	14 días	210	36350	205.70		
	8	152.31	14 días	210	30770	174.10		

Tabla 7: Valores promedios de la resistencia a la compresión axial, con diferentes aguas termales a 7días.

% Agua	Muestra	Diámetro	Edad	Resistencia de diseño (Kg/cm2)	Carga ultima (Kg)	Resistencia (Kg/cm2)	Resistencia Promedio	% Resistencia
100% Agua potable (Control)	9	151.46	28 días	210	39380	222.80	218.07	103.84%
	10	151.78	28 días	210	37800	213.90		
	11	151.80	28 días	210	46380	262.40		
	12	151.39	28 días	210	38430	217.50		
100% Agua termal	9	157.96	28 días	210	34980	197.90	203.08	93.13%
	10	151.24	28 días	210	36160	204.60		
	11	151.57	28 días	210	35630	201.60		
	12	151.70	28 días	210	36800	208.20		
75% Agua termal y 25% agua potable	9	151.98	28 días	210	35960	203.50	208.00	95.38%
	10	151.91	28 días	210	37870	214.30		
	11	151.23	28 días	210	35090	198.60		
	12	151.30	28 días	210	38110	215.60		
50% Agua termal y 50% agua potable	9	151.81	28 días	210	39770	225.10	212.53	97.46%
	10	152.31	28 días	210	38420	217.40		
	11	152.31	28 días	210	33030	186.90		
	12	152.31	28 días	210	34480	195.10		
	9	151.90	28 días	210	38200	216.20	217.00	99.51%
	10	151.27	28 días	210	39060	221.00		

25% Agua termal y 75% agua potable	*11*	*151.82*	*28 días*	*210*	*38450*	*217.60*		
	12	*151.69*	*28 días*	*210*	*37680*	*213.20*		

Tabla 8. Dosificación de concretos en volumen por m3 de mezcla

Cantidad de materiales	***Dosificación por tanda de 0.00556 m3 para f'c = 210 kg/cm2***					
	AP 100%	***AT 100%***	***AT 75%***	***AT 50%***	***AT 25%***	***unidad***
Cemento	*1.923*	*1.923*	*1.923*	*1.923*	*1.923*	*kg*
Agregado grueso	*5.674*	*5.674*	*5.674*	*5.674*	*5.674*	*kg*
Agregado fino	*4.067*	*4.067*	*4.067*	*4.067*	*4.067*	*kg*
Agua Potable	*2.473*	*0.000*	*0.618*	*1.237*	*1.855*	*lts*
Agua Termal	*0.000*	*2.473*	*1.855*	*1.237*	*0.618*	*lts*
Aire	*1.5*	*1.5*	*1.5*	*1.5*	*1.5*	*%*
Slump	*3"-4"*	*3"-4"*	*3"-4"*	*3"-4"*	*3"-4"*	*-*

Luego de los ensayos realizados en laboratorio se determina la cantidad de materiales para alcanzar la resistencia f'c = 210 kg/cm2, se realiza los diseños de mezclas considerando como única variante al agua termal según las propiedades físicas y mecánicas de los mismos, la dosificación es expresado en volumen de 0.00556 m3 como se muestra en la tabla 8.

Interpretación:

Se muestran los resultados de diseño de mezcla de concreto obtenidos, expresados en m3 para un concreto f´c=210kg/cm2. Para el concreto patrón, la dosificación de cemento, agua, agregado fino y grueso se halla de acuerdo a las tablas indicadas en el método de diseño de mezclas del ACI 211.1., y para concretos con adiciones de agua termal se utilizó el mismo diseño anterior descrito con la única diferencia que la adición de los porcentajes agua termal en 25%,50%,75% y 100%, con respecto al agua del concreto patrón, considerando el mismo slump para todas las muestras.

3.3. Asentamiento y trabajabilidad del concreto fresco

El asentamiento es una de las propiedades importantes del concreto en estado fresco, ya que se puede conocer el comportamiento del concreto, este ensayo se hice para todas las muestras, en el siguiente gráfico se muestran los valores obtenidos del asentamiento para las concentraciones de agua termal en relación al asentamiento del agua potable.

Tabla 9: Resultado de Asentamiento y trabajabilidad del concreto de todas las muestras.

Asentamiento promedio	***pulgada***
Potable 100%	*3.1*
Termal 25°% + Potable 75%	*3.3*
Termal 50°% + Potable 50%	*3.4*
Termal 75°% + Potable 25%	*3.6*
Termal 100°%	*3.7*

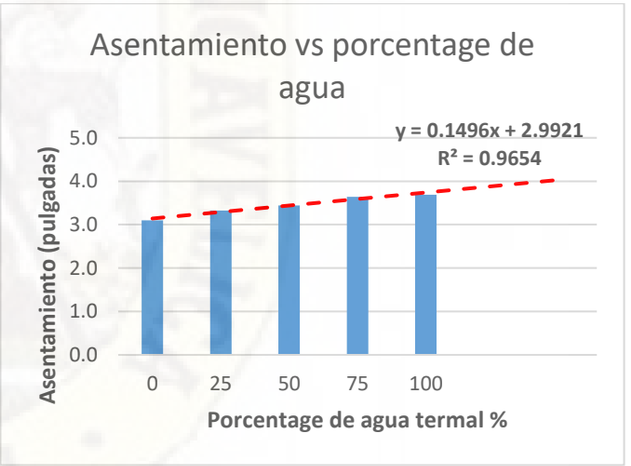


Figura 3. Asentamiento del concreto

Interpretación:

El valor de referencia es el agua potable que da un asentamiento de 3.1pulg; para el agua termal 25%, 50%, 75%, 100% está en 3.3 pulg, 3.4 pulg, 3.6 pulg, 3.7 pulg respectivamente, cabe destacar que a mayor concentración de agua termal el asentamiento aumenta, de estos resultados podemos concluir que nuestras mezclas de concreto eran de consistencia normal y de buena manejabilidad, obteniendo resultados de asentamiento muy cercanos al asentamiento de

diseño que fue de 3”-4”, lo que quiere decir que la mezcla tiene una cantidad de agua óptima, manteniendo siempre entre 3-4” de slump, mediante este ensayo se logra apreciar una clara influencia del agua termal en la mezcla de concreto, en razón de que aumenta la cantidad de agua hasta en un 4.8%.

3.4. Peso unitario del concreto fresco

Tabla 10: Resultados de peso unitario del concreto fresco

Peso unitario	fresco	und
Potable 100%	2147.33	kg/m3
Termal 25°% + Potable 75%	2147.34	kg/m3
Termal 50°% + Potable 50%	2146.86	kg/m3
Termal 75°% + Potable 25%	2146.33	kg/m3
Termal 100°%	2146.21	kg/m3

Interpretación:

El concreto elaborado con agua termal con diferentes dosificaciones se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la NTP 339.046 que menciona “Que el peso unitario del concreto en estado fresco debe resultar entre los valores de 1842 a 2483 kg/m3”. Lo que demuestra que el concreto elaborado con agua potable y termal no presenta diferencias significativas entre sí.

3.5. Peso unitario del concreto endurecido

Tabla 10: Resultados de peso unitario del concreto endurecido de 7, 14 y 28 días.

Densidad promedio	7 días	14 días	28 días
Agua Potable 100%	2325.73	2335.16	2322.89
Agua Termal 100°%	2339.18	2345.03	2313.91
AT 75°% + AP 25%	2327.90	2323.71	2347.49
AT 50°% + AP 50%	2329.31	2330.51	2320.28
AT 25°% + AP 75%	2311.20	2330.89	2350.08

Interpretación:

Los valores de peso unitario de concreto endurecido si cumplen con la norma que está dentro del rango no hay variación significativa respecto a dichos parámetros.

3.6. Resistencia a compresión del concreto patrón o control.

La norma ACI 211 establece que las muestras de prueba elaborados con agua potable a la edad de 28 días deben alcanzar una resistencia del 100%.

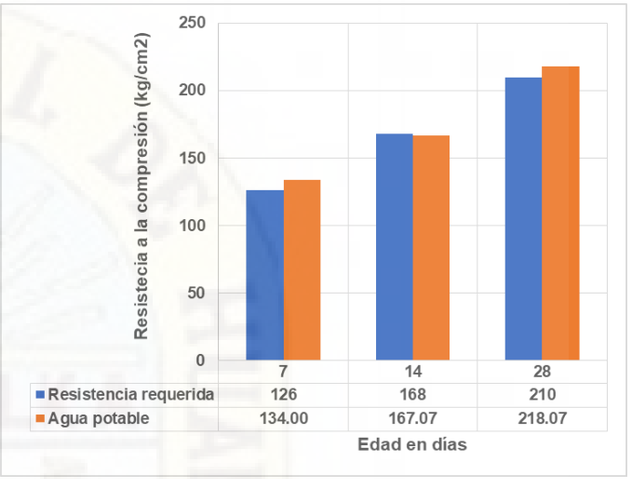


Figura 4.Resistencia promedio de las probetas de concreto con agua potable los días 7, 14 y 28.

Los resultados de resistencia a la compresión simple indican que los especímenes de concreto de control o patrón elaborados con agua potable se encuentran por encima y en rango de las resistencias esperadas según la norma ACI 211, ver la figura 4 para comprobar de esta manera que el diseño de mezcla que se utilizó para la investigación está correctamente elaborado.

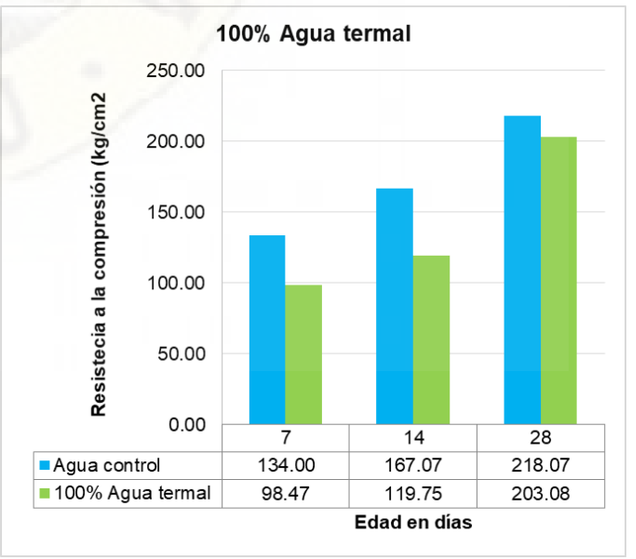


Figura 5. Resistencia promedio de las probetas de concreto con 100% agua termal los días 7, 14 y 28.

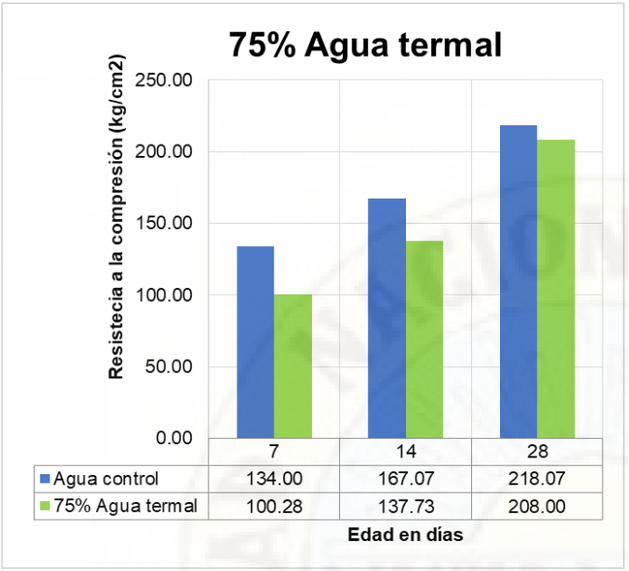


Figura 6. Resistencia promedio de las probetas de concreto con 75% agua termal los días 7, 14 y 28.

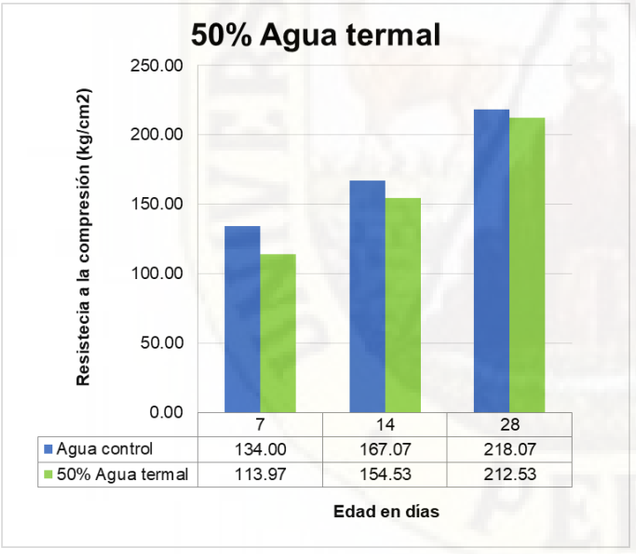


Figura 7. Resistencia promedio de las probetas de concreto con 50% agua termal los días 7, 14 y 28.

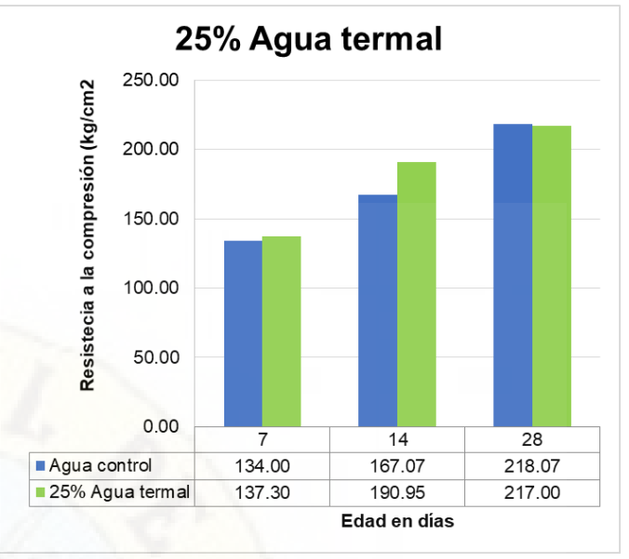


Figura 8. Resistencia promedio de las probetas de concreto con 25% agua termal los días 7, 14 y 28.

Se muestran los valores promedios de la resistencia a la compresión axial de los testigos de diferentes dosificaciones, a edades de 7,14 y 28 ver en la tabla 5, 6 y 7.

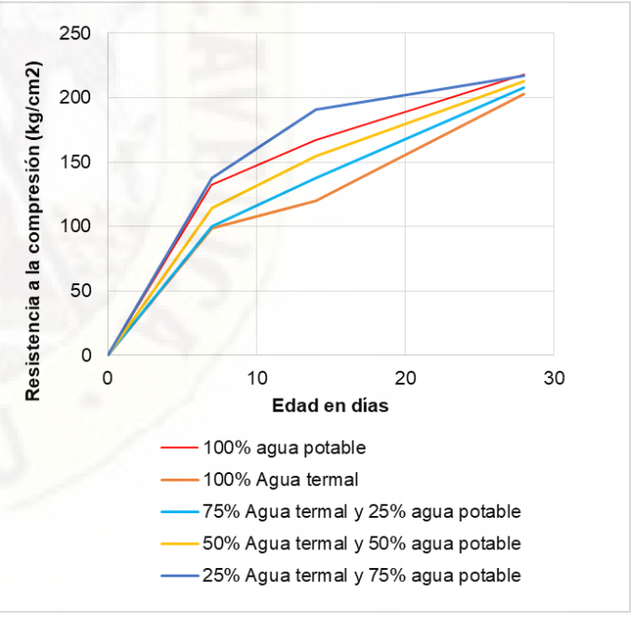
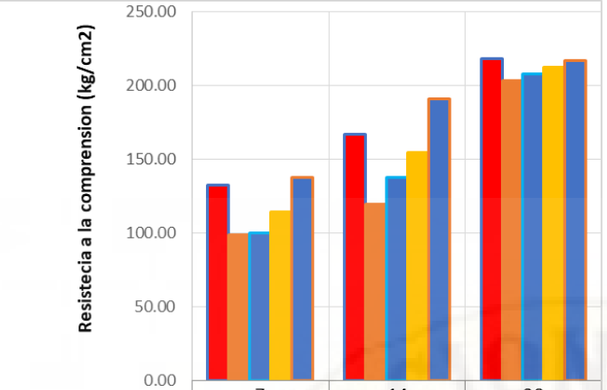


Figura 9. Representación gráfica de la resistencia de todo las dosificaciones para los días 7, 14 y 28.



	7	14	28
100% Agua potable	132.50	167.07	218.07
100% Agua termal	98.47	119.75	203.08
75% Agua termal y 25% agua potable	100.28	137.73	208.00
50% Agua termal y 50% agua potable	113.97	154.53	212.53
25% Agua termal y 75% agua potable	137.30	190.95	217.00

Figura 10. La resistencia a la compresión de todo las dosificaciones para los días 7, 14 y 28.

Interpretación:

En el gráfico se observa la tendencia de crecimiento en todas las curvas; sin embargo, para las diferentes concentraciones de agua termal se observa que la resistencia a compresión por debajo y arriba de la resistencia de la muestra de control elaborado con agua potable, pero si llegan todos al diseño que elaboramos que es de F´c=210 kg/cm2 vemos que todos llegan al diseño a los 28 días. También podemos observar que a los 14 días el 25% de agua termal tiene una tendencia muy elevada que el agua de control entonces presenta un incremento en la resistencia en más de 14% de resistencia esperada, observar en la figura 11 y figura 12.

En la tabla 5, a los 7 días de edad el concreto elaborado con agua potable tuvo una resistencia promedio de 105.12% con respecto al f´c de diseño, lo cual nos confirma que la reactividad del agua potable el concreto elaborado con 100%, 75%, 50%, 25%, de agua termal tuvo una resistencia promedio de 74.32%, 75.68%, 86.62%, 103.62%, respectivamente, se observa una variación y se debe a que el agua termal presentan contenidos de alcalinidad, calcio, bicarbonato y magnesio haciendo que la hidratación del cemento sea lenta en comparación con el agua potable. Pero el de 25 % de agua termal si cumple ya tiene menos porcentaje de los componentes de lagua termal.

En la tabla 6, a los 14 días de edad el concreto elaborado con agua potable tuvo una resistencia promedio de 99.44% con respecto al f´c de diseño, lo cual nos confirma que la reactividad del agua potable está en promedio, el concreto elaborado con 100%, 75%, 50%, 25%, de agua termal tuvo una resistencia promedio de 71.67%, 82.43%, 92.49%, 25%, respectivamente, se observa variación esta se debe a que el agua termal presentan contenidos de alcalinidad, calcio, bicarbonato y magnesio haciendo que la hidratación del cemento sea lenta en comparación con el agua potable. Pero el de 25 % de agua termal tiene mejor resistencia que el agua potable ya que tiene en menor cantidad componentes del agua termal que mejora la hidratación del cemento.

En la tabla 7, a los 14 días de edad el concreto elaborado con agua potable tuvo una resistencia promedio de 103.84% con respecto al f´c de diseño, lo cual nos confirma que la reactividad del agua potable está en promedio, el concreto elaborado con 100% 75%, 50%, 25%, de agua termal tuvo una resistencia promedio de 93.13%, 95.38%, 97.46%, 99.50%, respectivamente, se observa que a la edad de 28 días el concreto elaborado con diferentes dosificaciones de agua termal tiene valores cercanos al concreto elaborado con agua potable y teniendo un promedio similar.

Por lo tanto, el concreto elaborado con agua termal del 100%, 75% y 50% la resistencia a la compresión a los 7 y 14 días es baja sobre control; pero a los 28 días si llega a la resistencia requerida, mientras el de 25% de agua termal a los 14 días la resistencia a compresión es mejor. También Chávez menciona “El porcentaje de variación de la resistencia a la edad de 180 días respecto a los 28 días de curado aumenta en un 0.4%cumpliendo con la durabilidad del concreto en el transcurso del tiempo tanto para el concreto de control como para el concreto elaborado con agua termal [5]”.

4. Conclusiones

Se concluye que el impacto ambiental es positivo al usar el agua termal porque se toma un recurso dotado por la misma naturaleza y así evitar la degradación del ecosistema, disminuyendo el consumo masivo de agua potable para las mezclas de concreto en obras de infraestructura, haciendo que sean construcciones sostenibles sin afectar la

resistencia, calidad, manejabilidad, fluencia, entre otros.

Se determinó la influencia de agua termal de 100%,75%, 50% y 25% en el peso unitario del concreto en estado fresco resultando 2146.21 kg/m3, 2146.33 kg/m3, 2146.86 kg/m3 y 2147.34 kg/m3 respectivamente el concreto elaborado con agua potable alcanzaron un valor de 2147.33 kg/m3, asimismo la influencia del agua termal en el peso unitario del concreto en estado endurecido están en el mismo rango los resultados; por lo tanto, el agua termal no tiene cambios relevantes en el peso unitario del concreto.

Los asentamientos obtenidos en las mezclas de concreto preparadas aguas termales de 100%,75%,50% y 25%, teniendo resultados de 3.7 pulg, 3.6 pulg, 3.4 pulg y 3.3 pulg respectivamente y de agua potable es 3.1 pulg. de estos resultados podemos concluir que nuestras mezclas de concreto tienen consistencia normal y de buena manejabilidad, obteniendo resultados que a mayor dosificación de agua termal mayor asentamiento, observamos que los resultados si cumple con el diseño que fue de 3”- 4”, lo que quiere decir que el agua termal influye significativamente en el asentamiento del concreto.

La resistencia a la compresión promedio a los 28 días del concreto de control es de 218.07 kg/cm2 y del concreto con agua termal de 100%,75%,50% y 25% es de 203.08 kg/cm2, 208 kg/cm2, 212.53 kg/cm2 y 217 kg/cm2 respectivamente están dentro de la resistencia requerida, con lo cual se concluye que el concreto cumple con la resistencia para la cual fue diseñado.

La resistencia a compresión en 14 días de 25% termal y 75% potable resulta más recomendables para su uso ya que se comprobó que tiene mayor resistencia a la compresión en más 10% de control o resistencia requerida, se recomienda el utilizar esta dosificación en lugares frígidos para evitar que se congele y causar retardo en el desarrollo de resistencias del concreto.

Si bien los ensayos superaron a tempranas edades y no superaron a los 28 días la resistencia de diseño, no se descarta que el concreto elaborado con agua termal reduzca su resistencia a través del tiempo debido a que el contenido de bicarbonato, calcio y alcalinidad en el agua termal en la mezcla; el diseño de mezcla no se elaboró teniendo en cuenta la resistencia por durabilidad.

Finalmente se concluye que es factible el uso del agua termal en la preparación del concreto puesto que cumple con los requisitos mínimos que señala la norma NTP 339 088, además la norma señala que se puede utilizar aguas no potables en el uso del concreto cuya reducción en sus propiedades del concreto no tenga variación significativa.

Agradecimientos

Al programa 066 de Vicerrectorado de investigación de la Universidad Nacional de Huancavelica, por el apoyo económico con el financiamiento del proyecto.

Al grupo de investigación “INTERFACULTATIVO SAECOZ” de la Universidad Nacional de Huancavelica, por su apoyo académico en la realización de este proyecto.

A la escuela profesional de ingeniería civil - Hvca de la Universidad Nacional de Huancavelica, por permitirnos hacer los ensayos en su laboratorio de tecnología de materiales y concreto de nuestro proyecto.

Referencias

[1] N. Nieto, “La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas,” *Política y Cult.*, no. 36, pp. 157–176, 2011.

[2] G. Machacca and L. Aydee, “‘ Efectos Sociales del Desabastecimiento en Agua Potable y Saneamiento Básico ,’” *UTP Fac. Ing.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–55, 2020.

[3] V. Vargas, “LAS FUENTES TERMALES EN EL PERU, ESTADO Y USO ACTUAL,” *Soc. Geológica del Perú*, vol. 9, pp. 1175–1178, 2010.

[4] C. Condori and E. Guillen, “‘Contaminación De Las Aguas Termales De La Piscina Con Coliformes Fecales Y Totales En Salud Pública El Barrio San Cristobal, Huancavelica-2016,’” 2018.

[5] M. Chavez Soto, “Resistencia a la compresión del concreto f’c =210 kg/cm^2 utilizando agua termal, Cajamarca 2019,” 2019.

[6] J. L. Cruzado Guevara and M. Li Zavaleta, “Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional teniendo como variable el agua utilizada en el mezclado,” *Univ. Priv. Antenor Orrego*, p. 98, 2016, [Online]. Available: https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2038.

[7] S. D. la C. J. A. Untiveros Leon Tobías

Edverson, “Ingenioso investigador propone usar aguas termales en la producción de concreto | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina,” *Agencia Peruana de Noticias Andina*. https://andina.pe/agencia/noticia-ingenioso-investigador-propone-usar-aguas-termales-la-produccion-concreto-834870.aspx (accessed Nov. 16, 2021).

[8] F. Abanto Castillo, *Tecnologia del Concreto (Teoria y problemas)*. 2009.

[9] R. P. Gotuzzo, “Elaboracion de diseño para contrastar hipotesis,” 2018.

[10] NTP 334.009, “CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos,” *Indecopi*, no. Lima 41, 2005.

[11] NTP 400.011, “Definicion y clasificacion de agregados para uso en morteros y hormigones (concreto).” 2013.

[12] NTP 400.037, “Agregados para concreto. Requisitos.” 2018.

[13] NTP 339.070, “HORMIGÓN (CONCRETO). Toma de muestras de aguas usadas para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland y aguas agresivas.” 2010.

[14] NTP 339.088, “HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción del concreto de cemento portland. Requisitos.” 2006.

[15] NTP 400.012, “AGREGADOS . Análisis granulométrico del agregado fino ,” *Norma Tecnica Peruana*, no. Lima 41. p. 73, 2001.

[16] NTP.400.022, “Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa(Peso específico) y absorción del agregado fino.,” *Norma Tec. Peru.*, 2013, [Online]. Available: https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-del-norte/ingenieria/372901324-ntp-400-012-2013-pdf/5739579.

[17] ACI211, “Diseño de mezcla.” 2009.

[18] NTP 339.033, “HORMIGÓN. Método de ensayo para elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra.” 1999.

[19] NTP 339.036, “CONCRETO. Práctica para muestreo de mezclas de concreto fresco,” *Inacal*. 2017.

[20] NTP 334.077, “CEMENTOS. Ambientes, gabinetes y tanques de almacenamiento utilizados en los ensayos de cemento y concreto. Requisitos.” 2007.

[21] NTP 339.034, “HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas,” *Indecopi*, vol. 4, no. 3, p. 22, 2015, [Online]. Available: https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=4303.

[22] NTP 339.046, “Hormigón (concreto). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto),” *Inacal*, 2008.

[23] Ntp-339.035, “Método Para La Medición Del Asentamiento Del Concreto Con El Cono De Abrams,” *Indecopi*, 1999, [Online]. Available: https://www.udocz.com/pe/read/26386/ntp-339-035-1999-metodo-para-la-medicion-del-asentamient-del-concreto-con-el-cono-de-abrams-1.

E-mails de todos los autores
untiverosleon@gmail.com
jhonsver.shi@gmail.com
danteoliver88@gmail.com