

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE  
F´C 210=kg/cm<sup>2</sup> SOMETIDOS A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**Bach. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**

**CAJAMARCA-PERÚ**

**2024**

## **CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD**

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca certifica:

La originalidad de la tesis denominada **COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C= 210 Kg/Cm<sup>2</sup> SOMETIDOS A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS**, realizada por el Bachiller en Ingeniería Civil **Elquin Eduardo Tarrillo Vigil** de acuerdo al resultado del análisis reportado por su asesor Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno con el software antiplagio Turnitin que identifica **23% (veintitrés por ciento)** de similitud, asignándole el código **oid:3117:325486037**.

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes.

Cajamarca, 07 de febrero del 2024

Documento firmado digitalmente

---

Dra. Yvonne Katherine Fernández León  
Directora Unidad de Investigación Facultad de Ingeniería

Cc.  
Archivo  
c02424et



Firmado digitalmente por:  
FERNANDEZ LEON Yvonne  
Katherine FAU 20148258601 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 07/02/2024 22:54:50-0500

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar la presente investigación a Dios por brindarme la vida y la salud, del mismo modo a mi madre, Luzdina Vigil, mis abuelos, Ramiro Vigil, Elisa Imaña y Alcides Tarrillo, a mi tía Elisa Vigil y de manera muy especial hasta el cielo a mi querido padre Arsenio Tarrillo y a mi adorada abuela Celina Villegas, quienes, con su ejemplo, esfuerzo y sacrificio, hoy por hoy estoy cumpliendo el sueño que algún día tuve cuando niño.

A mis amigos y familiares que siempre creyeron en mí y me apoyaron en todas las etapas de mi vida hasta lograr a ser el profesional que el día de hoy soy.

A mis docentes universitarios por sus enseñanzas y consejos me inculcaron el amor por esta carrera, en especial a mi asesor, el ing. Miguel Mosqueira.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios y a mis padres por darme la vida, a mis abuelos quienes me inculcaron en principios y valores.

Al laboratorio Guersan y toda esa gran familia que encabeza el ing. Leiner Guerrero, el ing. Jhonny, Ubil, Wilin Ney, Nicson y Yoverli, por apoyarme en los ensayos en esta tesis.

A mis amigos que siempre me dieron aliento y me apoyaron en este proceso, como son Omar Balta, Kevin Apaestegui, Aler Rafael, Antony Villena, Christian Narro y de manera especial a Debora Vásquez.

Agradecer a mi asesor de tesis, el ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, por ser mi tutor y guía en este proceso de la investigación.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
RESUMEN .....	X
ABSTRACT.....	XI
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	13
1.3. HIPÓTESIS. ....	13
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.5. ALCANCES Y DELIMITACIONES. ....	14
1.6. LIMITACIONES.....	15
1.7. OBJETIVOS .....	15
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	16
2.1.1. <i>Antecedentes internacionales</i> .....	16
2.1.2. <i>Antecedentes nacionales</i> .....	17
2.1.3. <i>Antecedentes locales</i> .....	18
2.2. BASES TEÓRICAS.....	18
2.2.1. <i>El Concreto como Material Estructural</i> .....	18
2.2.2. <i>El Concreto y sus Componentes</i> .....	19
2.2.3. <i>Propiedades del Concreto</i> .....	20
2.2.4. <i>Resistencia a la Compresión del Concreto</i> .....	30
2.2.5. <i>Peso Unitario del Concreto</i> .....	34
2.2.6. <i>Curado del Concreto</i> .....	35
2.2.7. <i>Diseño de Mezcla</i> .....	43
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	44
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>45</b>
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	45
3.1.1 <i>Ubicación geográfica de la investigación</i> .....	45
3.1.2 <i>Ubicación geográfica de la cantera de estudio</i> .....	46
3.2 METODOLOGÍA.....	47
3.2.1. <i>Tipo, nivel, diseño y metodología de la investigación</i> .....	47
3.2.2. <i>Variables</i> .....	47
3.2.3. <i>Población de estudio</i> .....	47

3.2.4.	<i>Muestra</i> .....	48
3.2.5.	<i>Unidad de observación</i> .....	48
3.2.6.	<i>Unidad de análisis</i> .....	48
3.3	<b>MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b> .....	49
3.3.1	<i>Materiales</i> .....	49
3.3.2	<i>Equipos</i> .....	49
3.4	<b>PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	50
3.4.1.	<i>Cantera de estudio</i> .....	50
3.4.2.	<i>Propiedades físicas de los agregados</i> .....	50
3.4.3.	<i>Diseño de mezcla</i> .....	61
3.4.4.	<i>Elaboración de especímenes de concreto (NTP 339.183/ ASTM C-192)</i> .....	64
3.4.5.	<i>Curado del concreto</i> .....	65
3.4.6.	<i>Peso unitario del concreto</i> .....	66
3.4.7.	<i>Resistencia a la compresión del concreto (NTP 39.034/ ASTM C-39)</i> .....	67
3.5	<b>TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	67
3.5.1.	<i>Tratamiento y análisis de datos</i> .....	67
3.5.2.	<i>Presentación de resultados</i> .....	67
3.5.3.	<i>Correlación de variables</i> .....	74
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....		<b>76</b>
4.1	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS</b> .....	76
4.2.	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO</b> .....	77
4.3.	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b> .....	77
4.4.	<b>CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS</b> .....	79
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....		<b>80</b>
5.1.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	80
5.2.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	81
A.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>82</b>
B.	<b>ANEXOS</b> .....	<b>85</b>
ANEXO 01:	<b>PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b> .....	85
ANEXO 02:	<b>DISEÑO DE MEZCLA</b> .....	94
ANEXO 03:	<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO</b> .....	95
ANEXO 04:	<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN UNIAxIAL (A.S.T.M. C 39M - 2020)</b> .....	97
ANEXO 05:	<b>HOJA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I</b> .....	109
ANEXO 06:	<b>HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO CURADOR</b> .....	110
ANEXO 07:	<b>DOCUMENTACIÓN DEL LABORATORIO</b> .....	112
ANEXO 08:	<b>PANEL FOTOGRÁFICO</b> .....	114
ANEXO 09:	<b>FIGURAS</b> .....	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de la investigación (Google Earth) .....	45
Figura 2 Ubicación geográfica de la cantera de estudio (Google Earth) .....	46
Figura 3 Gráfica de la resistencia a la compresión vs tipo de curado para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	74
Figura 4 Curva granulométrica de agregado fino .....	89
Figura 5 Curva granulométrica de agregado grueso .....	93
Figura 6 Recojo de muestra para determinar las propiedades del agregado fino de la cantera “Aguilar” .....	114
Figura 7 Recojo de muestra para determinar las propiedades del agregado grueso de la cantera “Aguilar” .....	114
Figura 8 Ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino. ....	115
Figura 9 Ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado grueso. ....	115
Figura 10 Ensayo para determinar el peso unitario del agregado fino.....	116
Figura 11 Ensayo para determinar el peso unitario del agregado grueso.....	116
Figura 12 Ensayo para determinar el contenido de humedad de los agregados. ....	117
Figura 13 Ensayo del análisis granulométrico del agregado grueso.....	117
Figura 14 Elaboración y cálculo de propiedades del concreto fresco. ....	118
Figura 15 Aditivo curador utilizado.....	118
Figura 16 Proceso de curado por el método de inmersión. ....	119
Figura 17 Proceso de curado con aditivo. ....	119
Figura 18 Proceso de curado por el método de rociado. ....	120
Figura 19 Proceso de curado por el método de cubiertas húmedas. ....	120
Figura 20 Proceso de curado por el método de cubiertas húmedas. ....	121
Figura 21 Ensayos de compresión uniaxial. ....	121
Figura 22 Composición del concreto endurecido compuesto por grava arredondeada de calcáreo triturado (derecha) y silicio (izquierda). ....	122

Figura 23 Equipos utilizados para la prueba de revenimiento o consistencia del concreto. ....	122
Figura 24 Dimensiones del cono a utilizar en planta. ....	123
Figura 25 Ensayo de Revenimiento y lectura del “Slump”.....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Revenimiento, trabajabilidad y nivel de compactación de concretos con tamaño máximo de agregados de ¾” a 1 1/2” .....	22
Tabla 2 Clases de mezclas del concreto según su asentamiento .....	25
Tabla 3 Porcentaje de resistencia adiferentes edades .....	33
Tabla 4 Distribución de las muestras de ensayo .....	48
Tabla 5 Medida de toma de las muestras de campo.....	56
Tabla 6 Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso .....	57
Tabla 7 Masa de la carga dependiendo del tipo de gradación del agregado .....	60
Tabla 8 Gradación de las muestras de ensayo .....	60
Tabla 9 Propiedades de los agregados de la Cantera Aguilar.....	68
Tabla 10 Materiales necesarios para metro cubico de concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ .....	69
Tabla 11 Materiales necesarios para concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ por relación volumétrica. ....	69
Tabla 12 Peso unitario del concreto en estado fresco. ....	70
Tabla 13 Peso unitario del concreto en estado endurecido.....	71
Tabla 14 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días de edad.....	72
Tabla 15 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días de edad. ....	72
Tabla 16 Resistencia a la compresión de probetas de concreto con $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de edad. ....	73
Tabla 17 Variación del $f'c$ del concreto sometidos a los curados estudiados en relación al curado por inmersión. ....	75
Tabla 18 Peso específico del agua para el agregado fino.....	85
Tabla 19 Factor f para el agregado fino. ....	85
Tabla 20 Peso unitario suelto del agregado fino.....	86
Tabla 21 Peso unitario compactado del agregado fino. ....	86

Tabla 22	Peso específico del agregado fino. ....	<b>87</b>
Tabla 23	Absorción del agregado fino .....	<b>87</b>
Tabla 24	Contenido de humedad del agregado fino. ....	<b>87</b>
Tabla 25	Partículas < N° 200 para el agregado fino. ....	<b>88</b>
Tabla 26	Análisis granulométrico del agregado fino .....	<b>88</b>
Tabla 27	Peso específico del agua para el agregado grueso.....	<b>89</b>
Tabla 28	Factor f para el agregado grueso. ....	<b>90</b>
Tabla 29	Peso unitario suelto del agregado grueso.....	<b>90</b>
Tabla 30	Peso unitario compactado del agregado grueso. ....	<b>90</b>
Tabla 31	Peso específico del agregado grueso .....	<b>91</b>
Tabla 32	Absorción del agregado grueso. ....	<b>91</b>
Tabla 33	Contenido de humedad del agregado grueso .....	<b>91</b>
Tabla 34	Partículas < N° 200 para el Agregado grueso .....	<b>92</b>
Tabla 35	Análisis granulométrico del Agregado grueso.....	<b>92</b>
Tabla 36	Resistencia a la abrasión del Agregado grueso. ....	<b>93</b>
Tabla 37	Peso Unitario del concreto en estado fresco para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	<b>95</b>
Tabla 38	Peso Unitario del concreto en estado endurecido para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	<b>96</b>
Tabla 39	Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Inmersión (C-1) a la edad de 7 días.....	<b>97</b>
Tabla 40	Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Inmersión (C-1) a la edad de 14 días.....	<b>98</b>
Tabla 41	Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Inmersión (C-1) a la edad de 28 días.....	<b>99</b>
Tabla 42	Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Rociado (C-2) a la edad de 7 días. ....	<b>100</b>
Tabla 43	Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Rociado (C-2) a la edad de 14 días. ....	<b>101</b>

Tabla 44 Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Rociado (C-2) a la edad de 28 días. ....	<b>102</b>
Tabla 45 Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Cubiertas Húmedas (C-3) a la edad de 7 días. ....	<b>103</b>
Tabla 46 Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Cubiertas Húmedas (C-3) a la edad de 14 días. ....	<b>104</b>
Tabla 47 Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Cubiertas Húmedas (C-3) a la edad de 28 días. ....	<b>105</b>
Tabla 48 Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Aditivo Formador de Membrana (C-4) a la edad de 7 días. ....	<b>106</b>
Tabla 49 Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Aditivo Formador de Membrana (C-4) a la edad de 14 días. ....	<b>107</b>
Tabla 50 Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Aditivo Formador de Membrana (C-4) a la edad de 28 días. ....	<b>108</b>

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue comparar la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> sometido a diferentes tipos de curados, los cuales son: por rociado, cubiertas húmedas y por aditivo formador de membrana impermeabilizante (Sikacem Curador), en comparación con la resistencia obtenida con curado por inmersión. La investigación que se realizó fue de tipo experimental. Para este propósito, se elaboraron 72 probetas, que fueron divididas en 18 testigos para someterlos a curado por inmersión, 18 por el método de rociado, 18 testigos con curado por cubiertas húmedas y 18 probetas con aditivo curador. Todos ellos fueron ensayados a compresión uniaxial a los 7 días, 14 días y 28 días de edad. Los resultados promedios de resistencia a la compresión a los 28 días de edad son: 265.45 kg/cm<sup>2</sup> para las muestras del curado por inmersión, 232.79 kg/cm<sup>2</sup> para las probetas curadas por rociado, 249.68 kg/cm<sup>2</sup> para las probetas que fueron curadas con el método de cubiertas húmedas y 222.61 kg/cm<sup>2</sup> para las probetas que recibieron el curado con aditivo. Se concluye que la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  está directamente influenciado por el tipo de curado; El curado por cubiertas húmedas es el más efectivo, mientras que el curado con aditivo tuvo el más bajo desempeño a la compresión.

**Palabras claves:** Concreto, curado, curado por inmersión, curado por rociado, curado por cubiertas húmedas, aditivo curador, resistencia a la compresión.

## ABSTRACT

The objective of this research was to compare the compressive strength of concrete of  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  subjected to different types of curing, which are: spraying, wet roofing and waterproofing membrane forming additive (Sikacem Curador), compared to the resistance obtained with immersion curing. The research that was carried out was experimental. For this purpose, 72 specimens were produced, which were divided into 18 cores to be subjected to immersion curing, 18 by the spray method, 18 cores with wet cover curing and 18 specimens with curing additive. All of them were tested to uniaxial compression at 7 days, 14 days and 28 days of age. The average compressive strength results at 28 days of age are:  $265.45 \text{ kg/cm}^2$  for immersion curing specimens,  $232.79 \text{ kg/cm}^2$  for spray-cured specimens,  $249.68 \text{ kg/cm}^2$  for specimens that were cured with the wet cover method, and  $222.61 \text{ kg/cm}^2$  for specimens that received additive curing. It is concluded that the compressive strength of concrete of  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  is directly influenced by the type of curing; Wet cover curing is the most effective, while additive curing had the lowest compression performance.

**Keywords:** Concrete, curing, immersion curing, spraying curing, moist cover curing, curing additive, compressive strength.

## Capítulo I. Introducción

### 1.1. Planteamiento del problema.

El concreto es uno de los materiales más usados en el sector Construcción en nuestro país, el componente fundamental de este es el cemento que ha aumentado su consumo interno en los inicios del año 2021, exactamente con un crecimiento del 21.12% debido al dinamismo en proyectos de construcción público y privados que se presentan en el país. (INEI, 2021).

El proceso de curado de concreto consiste en proporcionar la humedad necesaria para que el concreto no seque de manera acelerada, debido a que el concreto experimenta una reacción química exotérmica, donde el cemento, al hacer contacto con el agua, libera energía en un proceso llamado hidratación del cemento, por lo tanto, si no se adiciona el agua necesaria en el proceso de curado, parte del concreto se quedaría sin reaccionar, dando como resultado la pérdida de la resistencia a la compresión final del concreto. (Santillán, 2019)

La mayor parte de obras de construcción civil no prestan la importancia necesaria al proceso de curado de concreto o en algunos casos se tiene una mala práctica de esta, puesto que, se realiza un curado de modo superficial, ya sea humedeciendo la superficie o rociándolo con aditivos que forman una membrana impermeable. Sin embargo, no se conoce la efectividad de estos tipos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión, existiendo dudas sobre su eficacia, ya que comúnmente se observan problemas de agrietamiento en losas o estructuras expuestas a la intemperie, lo cual, puede ser causa de un curado no adecuado del concreto (Tejada, 2016). Como consecuencia, cuando se realiza pruebas de calidad de las estructuras de concreto endurecido mediante muestras extraídas por diamantina o esclerómetro, se encuentran que las resistencias son menores que las requeridas en las especificaciones técnicas.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Pregunta general:**

¿En cuánto varía la resistencia a la compresión de un concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> sometido a curados por cubiertas húmedas, rociado y aditivo formador de membrana impermeabilizante en comparación al curado por inmersión?

### **1.3. Hipótesis.**

La resistencia a la compresión del concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> sometido a curado por los métodos de cubiertas húmedas, de rociado y de aditivo formador de membrana impermeabilizante disminuye en más de 5 % en comparación al curado por inmersión.

### **1.4. Justificación del problema**

Este estudio determinó la eficiencia de diferentes tipos de curados (inmersión, cubiertas húmedas, rociado y aditivo formador de membrana impermeabilizante) cuando un concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> es sometido a ensayos de compresión uniaxial.

Esta investigación proporcionó una respuesta a un problema cotidiano que se enfrenta comúnmente el sector construcción, ya que conociendo los resultados se podrá identificar cuál de los métodos de curados empleados comúnmente en las obras de construcción proporcionan un mejor  $f'c$ , además, evitar grietas y fisuras en los primeros días de edad del concreto, ya que se tendría un conocimiento más amplio sobre la teoría de los métodos de curado que se pueden aplicar a las estructuras.

### **1.5. Alcances y delimitaciones.**

Esta investigación se realizó en el año 2022, en la ciudad de Cajamarca, en las instalaciones del laboratorio “GUERSAN INGENIEROS S.R.L.”.

#### **➤ Alcance.**

Está dirigida para profesionales, investigadores y estudiantes, contribuyendo a mejorar la calidad de producción de concreto en la localidad de Cajamarca. Asimismo, al sector construcción en general, entre ellos los ingenieros, el personal técnico calificado y no calificado, empresas que se dedican a la elaboración de concreto premezclado, Universidades e institutos tecnológicos con carreras relacionadas a la industria.

#### **➤ Delimitación.**

En la investigación se comparó la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> cuando es sometido al curado por inmersión, cubiertas húmedas, rociado y aditivo formador de membrana impermeabilizante; para el cual se empleó el aditivo SIKACEM CURADOR, en una proporción establecida por el fabricante.

Los materiales que se emplearon en la producción del concreto son: Cemento Pacasmayo tipo I, agregados seleccionados de la cantera “Aguilar” y agua de la red de agua potable de la localidad de Cajamarca.

Se han estudiado 4 tipos de curados, los cuales fueron: curado por inmersión, curado por rociado, cubiertas húmedas y con líquido formador de membrana impermeabilizante.

## **1.6. Limitaciones**

En este estudio no se consideró realizar ensayos de resistencia a la flexión.

## **1.7. Objetivos**

### ***1.7.1. Objetivo general***

- Comparar la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> sometido a diferentes tipos de curados.

### ***1.7.2. Objetivos específicos***

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> sometido a curado por inmersión, cubiertas húmedas, rociado y aditivo formador de membrana impermeabilizante.

## Capítulo II. Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes teóricos

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Rodríguez (2017), dentro de su tesis investigativa denominada: **“Evaluación de los efectos del curado interno en el concreto”**, Colombia, tiene por objetivo principal estudiar las diferentes propiedades mecánicas que se presentan en el concreto cuando este se encuentra en estado fresco y endurecido, algunas propiedades son la resistencia y la durabilidad. Se lleva a cabo el curado del concreto mediante la inclusión de agregados livianos, además de la adición de un aditivo químico. Dentro de la aplicación de los agregados se considera el 25 % de agregados pétreos, es decir están conformados por mampostería triturada y arcillas calcinadas, asimismo se evaluó el curado mediante un aditivo al cual se le denomina como Better Mix. Además, la investigación de Rodríguez indica que la relación agua-cemento y la inclusión de agregados pétreos desempeñan un papel fundamental en el logro de las resistencias elevadas en todas las probetas elaboradas.

Figuroa (2007), en su tesis **“Uso de un sistema de curado intermedio en hormigón fresco”**, señala que, el proceso de curado del concreto exige ciertas condiciones de humedad y temperatura en sus primeros días de edad, por lo que es importante realizar un rápido desencofrado para proteger el concreto, independientemente de los costos que se presenten, ya que, a largo plazo esto conlleva a la obtención de concreto de calidad. Existen variedad de soluciones para realizar el curado, estas opciones difieren en costos, tiempo y su eficiencia, por lo que es necesario considerar estos aspectos al emplear algún tipo de curado en obra, lo que ha generado que se realicen distintas investigaciones sobre el tema.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Contreras & Velazco (2018) en su tesis titulada: **“Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa”**, tiene como enfoque principal la comparación de la resistencia a la compresión del concreto en losas cuando están tratados con curado mediante inundación de riego constante, curado con agua intermitente mediante inundación, curado químico y por último el curado mediante coberturas con geotextiles, estos 4 curados se van a realizar por tres días y siete días, para luego ser ensayados a compresión. Concluyendo que se tiene curados óptimos en los diferentes tipos de curados, cuando se realiza el proceso por siete días, diferenciándolos entre sí por su trabajabilidad y costo, sin embargo, cuando el curado se realiza por 3 días no brinda resultados óptimos, ocasionando que la vida útil de la estructura reduzca notablemente.

Jacobo (2019) en su tesis de investigación titulada: **“Influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto”**, que se basa en investigar la resistencia a la compresión que tiene el concreto utilizando diferentes tipos de curado, para el cual se han utilizado aditivos de composición química como el Sikacem Curador y Membranil Vista, los resultados obtenidos han sido comparados frente al curado convencional, que es con agua libre de impurezas. La autora ha realizado probetas con una resistencia de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, a todas las probetas se le aplicó el curado con los aditivos antes mencionados durante un periodo de siete, catorce, veintiuno y veintiocho días, según lo establecido en la NTP, para luego ser ensayadas a compresión. Obteniendo que, a los 28 días, la resistencia a la compresión máxima de las probetas, curadas de forma convencional sin aditivos, fue de 204 kg/cm<sup>2</sup>. En cambio, las probetas curadas con el Sikacemcurador y el Membranil Vista a los 28 días tuvieron una

resistencia. a la compresión máxima de 180.25 kg/cm<sup>2</sup> y 170.50 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Concluyendo que los aditivos no son tan beneficiosos como el curado convencional.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Zorrilla (2018), realizó una investigación titulada “**Estudio de la influencia del curado acelerado del concreto para un  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$** ”. La finalidad del autor fue determinar la influencia del curado acelerado del concreto para una resistencia a la compresión igual a  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  y luego compararlo con los resultados obtenidos de un curado estándar. Para poder realizar este estudio se elaboraron un total de 90 probetas, de las cuales 30 estaban destinadas al grupo que se realizaría el curado estándar, otras 30 probetas estaban destinadas a formar parte del curado acelerado del concreto después de dos horas de haber secado y por último los 30 restantes estaban dentro del grupo de curado acelerado del concreto después de 7 horas de haber secado. En donde, para el curado estándar se hizo uso de una poza, en contraste con el uso de una máquina de curado acelerado, cuyos parámetros se ajustan a lo establecido en la NTP 339.213, para los tratamientos acelerados. A la luz de los resultados, se llega a la conclusión de que el curado acelerado después de haber secado siete horas y el curado estándar, en ambos métodos los resultados son muy aproximados.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. El Concreto como Material Estructural**

Mehta y Monteiro (2014) señalan que, en la actualidad, el consumo estimado de concreto de forma mundial es alrededor de 33 billones de toneladas métricas cada año. El hecho que este material sea tan ampliamente utilizado se debe a tres razones principales. La primera, La resistencia del concreto al agua es sobresaliente. Contrariamente a la madera o el acero convencional, su capacidad para soportar la acción del agua sin experimentar un deterioro

importante lo hace idóneo para la construcción de estructuras hidráulicas. La segunda razón, es La facilidad relativa con la que se pueden dar forma y tamaño a los elementos estructurales de concreto. Esto se debe a a la consistencia plástica del material en su estado fresco, permitiéndole fluir dentro de moldes prefabricados. La tercera razón de la popularidad del concreto es que es usualmente el material más barato y más fácilmente disponible en una obra.

### **2.2.2. *El Concreto y sus Componentes***

El concreto, también referido como hormigón, es el material cuya estructura se divide en dos componentes fundamentales: la pasta, que experimenta un proceso de endurecimiento con el tiempo, y los agregados o partículas pétreas, que se amalgaman con la pasta. La pasta, a su vez, está constituida por agua y un aglomerante llamado cemento. Para el endurecimiento del concreto el agua es de vital importancia y cumple doble función, una es la de dar fluidez y la otra de reaccionar químicamente con el producto aglomerante. (Porrero et al. 2014).

El agregado, que consiste en material granular como arena o grava, se emplea junto con el agente cementante para la producción tanto de concreto como de mortero. Agregado grueso es el término empleado para referirse a las partículas de agregado de tamaño mayor a 4.75 mm (Malla N°4), y el término agregado fino se refiere a aquellas partículas más pequeñas que 4.75 mm, pero mayores que 75  $\mu\text{m}$  (Malla N°200). La grava es el agregado grueso resultante de la desintegración natural de la roca por meteorización. El término arena es comúnmente empleado para el agregado fino resultante por el proceso de meteorización natural o por el trituramiento de roca.

Para Mehta y Monteiro (2014), el cemento, un polvo seco y finamente pulverizado, no funciona como aglutinante por sí solo; sino que su capacidad de aglutinación se desarrolla mediante la hidratación. Este proceso involucra reacciones químicas exotérmicas entre los minerales del cemento y el agua. Se denomina 'hidráulico' a un cemento cuando los productos de

su hidratación mantienen su estabilidad en un entorno acuoso. El cemento Portland es el tipo más frecuentemente utilizado para la elaboración de concreto, el mismo que consiste esencialmente en silicatos de calcio reactivos; los mismos que al ser hidratados son principalmente responsables de su característica adhesiva.

### **2.2.3. *Propiedades del Concreto***

Para Surahya (2019), el concreto tiene varias características importantes para los ingenieros. Es crucial evaluar las propiedades del concreto en ambos estados, tanto plástico como endurecido. El proceso de dosificación, mezcla, transporte, colocación, compactación y acabado del concreto en su estado plástico afecta significativamente las propiedades del concreto endurecido. Comprender y modelar el comportamiento del concreto bajo condiciones ambientales extremas es esencial para hacer que las estructuras de concreto sean más seguras y eficientes. La proporción de la mezcla de concreto desempeña un papel crucial en la producción de concreto de buena calidad. El uso de aditivos químicos y minerales puede ayudar a lograr las características deseadas. El concreto tiene similitudes con las rocas en términos de textura, propiedades físicas y rendimiento en estructuras de construcción e ingeniería.

#### **2.2.3.1. *Propiedades del Concreto Fresco***

Se denomina concreto en estado fresco a la combinación de cemento, agua, agregados y, en caso de utilizarlos, aditivos, mientras permanece en un estado fluido. Este periodo se inicia cuando todos los componentes son mezclados y persiste hasta el inicio de la fase plástica. En este lapso, el concreto se transporta a estructuras ya encofradas y moldeadas para su compactación, ya sea manual o mediante vibración. El comportamiento del concreto en estado fresco depende de varios factores como son características de mezclado, medio ambiente, diseño y condiciones de trabajo. (Porrero et al. 2014).

Las propiedades del concreto endurecido dependen fundamentalmente de las propiedades observadas en el concreto cuando este se encuentra en estado fresco, por ello es importante estudiar todas las características y propiedades que se explican a continuación:

*a) Trabajabilidad.* Rivva (2014) entiende por trabajabilidad a la propiedad del estado fresco del concreto que determina la capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y finalmente consolidado, con el más mínimo trabajo y un máximo de homogeneidad, así como también para que no se presente segregación en el concreto

Existen diferentes factores que influyen en la manejabilidad del concreto, por ejemplo: la duración y el método de transporte que se utiliza, las características y cantidades de los materiales, la consistencia del concreto o también conocida como la prueba de revenimiento (que se realiza mediante el cono de Abrams), la forma el tamaño y la textura que tienen los agregados finos y gruesos), el aire incorporado en la mezcla, la cantidad del agua utilizada, los aditivos y la temperatura del concreto (Rivva, 2014).

La distribución uniforme de las partículas de los agregados junto con la incorporación de aire mejora la trabajabilidad del concreto y disminuyen notablemente la segregación. Las propiedades que están relacionadas con la trabajabilidad son la segregación, la consistencia, el bombeo, movilidad, sangrado o exudación y la facilidad de acabado.

**Tabla 1**

*Revenimiento, trabajabilidad y nivel de compactación de concretos con tamaño máximo de agregados de 3/4" a 1 1/2"*

GRADO DE TRABAJABILIDAD	REVENIMIENTO		FACTOR DE COMPACTACIÓN		USO ADECUADO DEL CONCRETO (* El aparato grande no se usa normalmente)
	mm.	pulg.	Aparato Pequeño	Aparato Grande (*)	
Muy pequeño	0 a 25	0 a 1	0.78	0.8	Pavimentos vibrados con máquinas operadas mecánicamente. En el extremo más trabajable de este grupo, el concreto podrá compactarse en ciertos casos con máquinas operadas manualmente.
Pequeño	25 a 50	1 a 2	0.85	0.87	Pavimentos vibrados con máquinas operadas a mano. En el extremo de este grupo, el concreto podrá compactarse manualmente en pavimentos que empleen agregados de forma redonda o irregular. Cimentaciones de concreto en masa sin vibrado o secciones con poco refuerzo y vibradas.
Medio	50 a 100	2 a 4	0.92	0.935	En el extremo más trabajable de este grupo losas planas usando agregados triturados compactados manualmente.

Alto	100 a 175	4 a 7	0.95	0.96	Para secciones congestionadas de refuerzo. Normalmente no adecuado para vibrarse. Concreto reforzado, compactado a mano y secciones muy reforzadas y vibradas.
------	-----------	-------	------	------	--

**b) Consistencia.** Una propiedad del concreto que establece la humedad basándose en la fluidez de la mezcla. En otras palabras, cuanto más húmeda sea la mezcla, más sencillo será el flujo del concreto durante su colocación en campo. Está relacionada con la trabajabilidad, pero no es lo mismo; ya que una mezcla trabajable puede ser consistente pero no toda mezcla consistente puede ser trabajable. (Rivva, 2014)

Se utiliza el cono de Asentamiento, también llamado método del cono de Abrams, para determinar la consistencia. Según la ASTM International (2020), se emplea un molde en forma de tronco de cono para colocar y compactar una porción de concreto recién mezclado mediante varillado. Tras levantar el molde, se permite que el concreto se asiente, y la distancia vertical entre la posición original y desplazada del centro de la superficie superior se mide. Se informa a continuación el asentamiento del concreto. Asegurar que la muestra de concreto utilizada para los especímenes de prueba sea representativa de todo el lote es esencial.

El procedimiento del método se detalla a continuación:

Se procede a humedecer el molde antes de situarlo sobre una superficie rígida, plana, nivelada, húmeda, no absorbente, sin vibraciones y lo suficientemente espaciosa para acomodar el concreto asentado. Durante el llenado y la limpieza del perímetro realizados por el operador, es fundamental que el molde se mantenga en su posición de manera segura. El operador puede pararse sobre las dos piezas inferiores o utilizar un dispositivo de sujeción conectado a una placa base.

Tras obtener la muestra de concreto, se llena el molde inmediatamente en tres capas, cada una representando aproximadamente un tercio del volumen total del molde. Se coloca el concreto en el molde utilizando la pala, la cual se mueve alrededor de la periferia de la abertura del molde para garantizar una distribución uniforme del concreto con una segregación mínima (ACI, 2019).

Usando el extremo redondeado de la varilla, se efectúan 25 golpes uniformemente distribuidos a lo largo de la sección transversal en cada capa para lograr la compactación. Para la capa inferior, será necesario inclinar ligeramente la varilla y realizar aproximadamente la mitad de los movimientos cerca del perímetro, para luego progresar con movimientos verticales en espiral hacia el centro. Se varía la capa inferior en toda su profundidad. Para cada capa superior, se permite que la varilla penetre a través de la capa que se está varillando y en la capa inferior aproximadamente 1 pulgada o 25 mm (ACI, 2019).

Durante el llenado y varillado de la capa superior, es aconsejable acumular el concreto sobre el molde antes de comenzar con la varillación. Si la operación de varillado resulta en el asentamiento del concreto por debajo del borde superior del molde, añadir concreto adicional para mantener un exceso de concreto por encima del borde superior del molde en todo momento. Después de que la capa superior haya sido varillada, nivelar la superficie del concreto mediante un movimiento de escariado y rodado de la varilla de apisonar. Continuar sujetando con firmeza el molde y eliminar el concreto del área que rodea su base para evitar obstrucciones en el movimiento del concreto asentado. A continuación, retirar cuidadosamente el molde en sentido vertical de manera inmediata. Elevar el molde a una distancia de 12 pulgadas o 300 mm en 5-6 segundos mediante un levantamiento constante hacia arriba sin movimiento lateral o torsional. Completar la prueba entera desde el inicio del llenado hasta la retirada del molde sin interrupciones y realizarla en un tiempo total de 2 minutos y medio (ACI,2019).

Al instante, llevar a cabo la medición del asentamiento, evaluando la diferencia vertical entre la parte superior del molde y el centro original desplazado de la superficie superior del espécimen. Si ocurre una caída notable o desprendimiento de concreto desde un lado o parte de la masa, desconsiderar la prueba y realizar una nueva prueba en otra porción de la muestra (ACI, 2019).

Informe el asentamiento en términos de pulgadas redondeando a la 1/4 de pulgada más cercana de hundimiento del espécimen durante la prueba.

**Tabla 2**

*Clases de mezclas del concreto según su asentamiento*

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	METODO DE COMPACTACION
Seca	0" a 2"	poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	muy trabajable	Chuseado

El ensayo del cono de Abrams es aplicable solo cuando se tienen concretos de consistencia plástica, no es aplicable cuando se tienen concretos de muy alta resistencia, también cuando el agua utilizada en la mezcla es menor a 160 l/m<sup>3</sup>, así como en concretos que presentan el contenido de cemento menor a 250 kg/m<sup>3</sup> y por último cuando el tamaño máximo del agregado grueso es mayor a 2.5". (Rivva, 2014)

c) **Segregación.** Es la propiedad por la cual el concreto se descompone de sus partes constituyentes, es decir el agregado grueso se separa del mortero, siendo este un fenómeno que resulta perjudicial para el concreto, causando bolsones de piedra, cangrejeras, capas arenosas, etc.,

siendo el riesgo mayor cuanto la mezcla más húmeda es esta y menor cuanto más seca lo es. (Abanto, 2017)

De acuerdo con Neville y Brooks (2010), la segregación puede ocurrir debido a diversos factores, entre los que se incluyen la excesiva manipulación del concreto durante su colocación, la falta de cohesión del material debido a una cantidad insuficiente de pasta de cemento, la presencia de partículas finas y ligeras en exceso, y la utilización de mezcladoras inadecuadas.

*d) Exudación.* La exudación del concreto es un fenómeno que ocurre cuando el agua que se desprende durante la hidratación del cemento se desplaza en dirección a la superficie del concreto fresco, formando una película de agua en la parte superior. Esta agua puede acumularse en la superficie y eventualmente evaporarse, dejando detrás de sí manchas blancas o eflorescencias. Este proceso puede afectar la apariencia y durabilidad del concreto, así como su resistencia (Neville y Brooks, 2010).

Según el ACI (2015), la exudación se produce cuando hay una cantidad excesiva de agua en la mezcla de concreto o cuando la tasa de evaporación en la superficie es alta. El exceso de agua puede aumentar la plasticidad de la mezcla y facilitar la migración del agua hacia la superficie.

La exudación mayormente se produce por la finura del cemento y la cantidad de finos que está presente en los agregados. De tal manera que, cuando el mayor porcentaje de los materiales es menor a la malla N° 100, entonces se podría decir que la exudación es menor debido a que estos materiales van a retener el agua de mezclado. El proceso de exudación es inevitable en todo tipo de mezcla, ya que es una propiedad inherente de la estructura del concreto y lo que se debe evitar es que este proceso provoque daños que afecten los resultados de resistencia. (Abanto, 2017)

*e) Consolidación.* Según el ACI (2015), la consolidación del concreto se refiere al proceso de eliminar eficientemente las burbujas de aire atrapadas y compactar las partículas de agregado para asegurar una distribución uniforme de los materiales en la mezcla.

Neville y Brooks (2010) destacan que lograr una consolidación efectiva es esencial para eliminar la segregación y asegurar que la pasta de cemento envuelva por completo las partículas de agregado lo que resulta en mejoras significativas en las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto.

En términos prácticos, es esencial ajustar la duración y la frecuencia de la consolidación según las características de la mezcla y el tamaño del elemento estructural. La vibración excesiva también debe evitarse para no causar segregación.

*f) Contracción.* Implica una disminución del volumen que experimenta el concreto antes de su fraguado y endurecimiento. Este fenómeno puede tener implicaciones importantes en la calidad del concreto y en su comportamiento durante las etapas iniciales de su vida útil (ACI, 2021).

La ACI (2021) señala que la contracción del concreto fresco puede resultar en fisuras si no se controla adecuadamente, y destaca la importancia de emplear prácticas como la adición de aditivos reductores de la retracción o la cura adecuada para minimizar este efecto.

### **2.2.3.2. Propiedades del Concreto Endurecido**

El concreto endurecido se origina a través de la reacción química entre el cemento y el agua, que de una forma paulatina va determinando el endurecimiento de la mezcla. Para que el concreto llegue a su etapa de endurecimiento, primero pasa por dos procesos que son el fraguado inicial, que es cuando la mezcla de concreto va perdiendo plasticidad, lo que hace que sea difícilmente trabajable, conforme dure el tiempo de fraguado la mezcla pasa a la segunda etapa

que es el fraguado final, en esta etapa el concreto alcanza una dureza que es apreciable, de tal forma que pasa del estado plástico al estado rígido. Una vez que el concreto ha endurecido con el tiempo va adquiriendo resistencia y durabilidad, que son las dos propiedades fundamentales de este proceso. (Ayunque, 2019)

**a) *Elasticidad.*** El comportamiento elástico es típico del concreto en la mayoría de las situaciones estructurales. Cuando se aplica una carga al concreto, experimenta deformaciones elásticas proporcionales a la magnitud de la carga. Al respecto, Neville y Brooks (2010) señalan que "la propiedad de elasticidad permite que el concreto cumpla con su función estructural sin sufrir deformaciones permanentes".

El módulo de elasticidad, también llamado módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal, se utiliza para definir la elasticidad del concreto. Este parámetro cuantifica la rigidez del concreto y su capacidad para resistir deformaciones elásticas. Según ACI (2019), el módulo de elasticidad es una propiedad importante para el diseño estructural, dado que tiene un impacto directo en la distribución de cargas y deformaciones en una estructura de concreto.

**b) *Extensibilidad.*** Neville y Brooks (2010) señalan que, la propiedad de extensibilidad del concreto se refiere a su capacidad para experimentar deformaciones plásticas o permanentes sin sufrir fallas catastróficas. A diferencia de la elasticidad, donde el concreto se deforma y luego recupera su forma original al retirar la carga, la extensibilidad se asocia con la capacidad del material para soportar deformaciones más allá del límite elástico sin romperse.

Según Mehta y Monteiro (2014), la extensibilidad es crucial para permitir deformaciones plásticas en elementos estructurales sin que ocurra una falla inmediata. La capacidad de deformación plástica del concreto se asocia con su ductilidad. La ductilidad se define como la capacidad de un material para deformarse sin perder su capacidad de carga. La ACI (2019)

reconoce la importancia de la ductilidad, especialmente crítica en situaciones de carga sísmica, donde la capacidad de deformación plástica puede ayudar a disipar la energía sísmica y prevenir el colapso prematuro.

**a) Durabilidad.** La resistencia que tiene el concreto una vez que haya sido puesto en servicio ya sea frente a la intemperie, al desgaste y la acción de algunos productos químicos, se le conoce con el nombre de durabilidad. Los ciclos de congelación y deshielo están asociados al desgaste del concreto, para aportar mayor resistencia frente a los procesos naturales se le incorpora aire en porcentajes del 2 al 6% de tal manera que se impermeabilice el concreto, también existen otras formas de aportar mayor resistencia frente a estos fenómenos y es usando agregados duros y un cemento que tenga resistencia frente a los sulfatos, mayormente se usa el de tipo V (Abanto, 2017)

La ACI (2019) establece requisitos específicos para garantizar la durabilidad del concreto en diferentes entornos y condiciones. Esto incluye consideraciones sobre la calidad de los materiales, las prácticas de construcción y el diseño estructural para resistir condiciones ambientales adversas.

**c) Impermeabilidad.** Dentro del concreto, la impermeabilidad es una propiedad de suma importancia, y su mejora implica la reducción de la cantidad de agua en la mezcla. La presencia excesiva de agua resulta en la formación de vacíos y cavidades tras la evaporación, de tal manera que el agua puede penetrar o filtrar a través del concreto. La impermeabilidad puede aumentar cuando se incorporan burbujas de aire en el concreto o también cuando se realiza un curado constante durante un tiempo adecuado (Abanto, 2017).

La ACI (2019) establece requisitos específicos para la impermeabilidad del concreto en diferentes aplicaciones y entornos. Esto incluye criterios para la calidad de los materiales, prácticas de construcción y métodos de prueba para evaluar la resistencia al paso del agua.

d) **Resistencia.** La medición convencional de la resistencia es la resistencia a compresión, la cual determina cómo el concreto puede resistir cargas en compresión.

La ACI (2019) establece requisitos específicos para la resistencia del concreto en diferentes aplicaciones y condiciones. Además de la resistencia a compresión, la ACI también proporciona pautas para la determinación de la resistencia a tracción y otras propiedades mecánicas relevantes.

b) **Densidad.** La densidad está directamente vinculada a la correcta elección de las proporciones en la mezcla. Cuando se utilizan agregados especiales entonces se obtienen densidades altas de tal manera que pueden ser trabajables y a la vez obtener pesos unitarios que van en el orden de 5600 kg/m<sup>3</sup>. En su mayoría los concretos especiales son utilizados para obras especiales, como por ejemplo para cubrir grandes luces como es el caso de los puentes o losas de estacionamientos, también en oleoductos o en obras que van a estar expuestas a los fenómenos agresivos de la naturaleza. (Rivva, 2015).

#### **2.2.4. Resistencia a la Compresión del Concreto**

Según Neville y Brooks (2010), "la resistencia a la compresión es la propiedad más importante y generalmente la única propiedad de ingeniería que se especifica en la mezcla de concreto". Esta resistencia es crítica para garantizar la seguridad y la estabilidad de las estructuras de concreto. La resistencia que tiene el concreto define la calidad de la estructura.

La resistencia a la compresión del concreto no puede ser determinada cuando este se encuentra en estado plástico, por lo que se acostumbra a tomar muestras cuando se prepara la

mezcla para luego someterlas a pruebas de compresión una vez que ha endurecido (Neville y Brooks, 2010).

#### ***2.2.4.1. Ensayos de Resistencia Inicial***

Se pueden realizar pruebas de resistencia tempranas (generalmente a los 7 días) para verificar la calidad del concreto utilizado. En proyectos de construcción, se pueden realizar pruebas de resistencia a intervalos específicos para garantizar el cumplimiento de los requisitos de diseño y especificaciones (Abanto, 2017).

#### ***2.2.4.2. Ensayos de Resistencia a Largo Plazo***

La evaluación típica de la resistencia a la compresión se lleva a cabo a los 28 días, ya que este es el período estándar para evaluar la calidad del concreto y su capacidad para cumplir con las especificaciones de diseño. En algunas situaciones, especialmente cuando se evalúa la integridad de estructuras existentes, las pruebas de resistencia se realizan a intervalos más largos (Neville y Brooks, 2010).

#### ***2.2.4.3. Pruebas in Situ.***

Los cilindros de concreto para pruebas suelen extraerse de la estructura en el momento adecuado (según las pautas del proyecto) y se llevan al laboratorio para realizar las pruebas de resistencia (NTP 339.033, 2015). En algunas situaciones, se pueden realizar pruebas de ultrasonido in situ o de esclerometría para estimar la resistencia del concreto directamente en el lugar.

Es importante recordar que las pruebas tempranas no siempre predicen la resistencia a largo plazo, y los resultados deben interpretarse con precaución, especialmente cuando se trata de estructuras críticas (Neville y Brooks, 2010).

#### **2.2.4.4. Factores que Influyen en la Resistencia del Concreto**

Según Abanto (2017), la resistencia a la compresión del concreto está influenciada por diversos factores, y su comprensión es esencial para garantizar un diseño y construcción eficaces de estructuras duraderas. Aquí se exploran algunos de los factores clave:

**a) Contenido de Cemento.** Debido a su naturaleza activa, el cemento se posiciona como el componente clave en la mezcla de concreto, desempeñando un papel esencial al influir de manera significativa en la resistencia del material. El contenido o la cantidad de cemento utilizado es uno de los factores más importantes, ya que; para cada tipo de cemento mientras más aumenta su proporción, mayor será la resistencia alcanzada. La cantidad de cemento utilizada debe ir relacionada con el tamaño máximo nominal de los agregados. (Abanto, 2017)

**b) Relación Agua/Cemento (a/c).** Una relación agua-cemento más baja tiende a resultar en concreto más resistente. Según Neville y Brooks (2010), "la resistencia del concreto es inversamente proporcional a la relación agua-cemento".

**c) Calidad y Tamaño de los Agregados.** Agregados bien graduados y de alta calidad contribuyen a un concreto más resistente. La influencia en la resistencia es notable a través de la forma y textura de los agregados; aquellos con mayor redondez y superficie lisa tienden a mejorar las propiedades resistentes.

**d) Fraguado del Concreto.** Un curado adecuado es esencial para el desarrollo completo de la resistencia del concreto. Según la ACI (2019), "la resistencia potencial del concreto está directamente relacionada con la duración y la eficacia del curado".

**e) Edad del Concreto.** Con el tiempo, la resistencia a la compresión del concreto suele experimentar un incremento general. Se suele hacer referencia a la resistencia a los 28 días como

un estándar, pero la mejora continua puede ocurrir más allá de este período (Neville y Brooks, 2010).

**Tabla 3**

*Porcentaje de resistencia del concreto a diferentes edades.*

Cemento	Edad (días)	Porcentaje de resistencia con respecto a la de 28 días						
		1	3	7	14	28	56	90
Diamante B/manga	15-20	43-46	65-67	82-83	100	117-118	128-130	
Diamante Cúcuta	11-25	37-50	61-69	80-84	100	116-120	126-133	
Diamante Tolima	10-18	37-45	61-66	80-83	100	117-119	129-133	
Nare	12-19	41-46	64-66	82-83	100	117-118	128-131	
Paz del Rio	10-24	38-49	62-69	81-84	100	116-119	127-132	
Samper Sta. Rosa	18-22	45-47	66-68	83-84	100	116-117	127-129	
Samper Siberia	17-24	43-49	65-68	81-84	100	116-119	127-131	

#### ***2.2.4.5. Medida de la Resistencia a la Compresión***

La evaluación de la resistencia a la compresión del concreto se lleva a cabo a través de ensayos diseñados específicamente para evaluar su capacidad para soportar cargas compresivas (Abanto, 2017).

Los ensayos más reconocidos y utilizados para determinar la resistencia a la compresión son los cilíndricos, los que se llevan a cabo mediante probetas con forma cilíndrica. La mezcla de concreto se vierte en moldes de hierro fundido o acero que tiene 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, siendo la relación existente entre diámetro y altura de 1:2. Todos los pasos a seguir para poder realizar este ensayo se encuentran en la NTC 550 y 673 (Abanto, 2017).

Según el ACI (2019) este ensayo es fundamental para la evaluación del concreto en proyectos estructurales y proporciona datos cruciales para el diseño y control de calidad.

### ***2.2.5. Peso Unitario del Concreto***

Según Abanto (2017), el peso unitario del concreto se define como la masa del material por unidad de volumen, siendo una propiedad crucial que impacta en el diseño y la construcción de estructuras. Este parámetro es esencial para determinar la carga estructural y la capacidad de soporte del suelo.

El peso unitario se expresa comúnmente en unidades de peso por pie cúbico o kilogramo por metro cúbico. Neville y Brooks (2010) indican que el peso unitario es una medida crítica para evaluar la densidad del concreto y su capacidad para soportar cargas estructurales.

La variación en el peso unitario del concreto se atribuye a factores como el tipo y la cantidad de agregados, la relación agua-cemento, y la incorporación de aditivos y adiciones. Según la ACI (2019)," estos factores deben considerarse durante el diseño de mezclas para lograr el peso unitario deseado.

El peso unitario es crucial en el diseño de estructuras, especialmente en la estimación de cargas muertas. Un peso unitario adecuado garantiza la precisión en la predicción de las cargas y ayuda a evitar problemas como el sobredimensionamiento o subdimensionamiento de miembros estructurales (ACI,2019).

Según Ayunque (2019), cuando se realizan diseños estructurales, al usar la combinación de acero y concreto, mayormente se toma un valor de 2400 kg/m<sup>3</sup>. Por lo que asume que el peso unitario del concreto es la suma de cada uno de los pesos unitarios de los materiales que lo componen.

$$Pc + Pf + Pg + H = Pu$$

$$\frac{Pc}{Gc} + \frac{Pf}{Gf} + \frac{Pg}{Gg} + W + A = 1.000lt$$

Donde:

Pc, Pf, Pg =Peso del cemento, agregado fino y agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto.

Gc = Peso específico del cemento en g/cm<sup>3</sup>.

Gf, Gg = Densidad aparente seca del agregado fino y del agregado grueso en g/cm<sup>3</sup>.

W = Peso específico del agua (del agregado y añadida) en kg/m<sup>3</sup>.

A = Contenido de aire (naturalmente atrapado e intencionalmente incluido) l/m<sup>3</sup>.

Pu = Peso unitario del concreto en kg/m<sup>3</sup>.

Existen métodos por el cual se puede determinar el peso unitario con mayor precisión, los métodos se usan para determinar el volumen o rendimiento volumétrico ocasionado por cada uno de los materiales que conforman el concreto y para el caso del peso específico del cemento los procedimientos a seguir se encuentran en la NTC-1926 (Ayunque, 2019).

### **2.2.6. Curado del Concreto**

Según la NTP 339.047 (2014), el proceso de curado implica mantener las condiciones de humedad y temperatura en una mezcla cementicia recién colocada, posibilitando la adecuada hidratación del cemento hidráulico y, si se utilizan puzolanas, que ocurran reacciones puzolánicas para que se desarrollen las propiedades potenciales de la mezcla. Una mezcla está adecuadamente proporcionada y curada cuando las propiedades del concreto en su lugar igualan o superan las

propiedades de diseño del concreto. Desde el momento de la colocación, el período de curado se extiende hasta que se alcanzan las propiedades deseadas del concreto.

En el curado del concreto, se busca impedir la pérdida de humedad y asegurar una temperatura óptima durante el tiempo necesario. Un curado adecuado permite que el material cementicio dentro del concreto se hidrate adecuadamente. La hidratación es la reacción química que conduce a cambios que tienen lugar cuando el cemento Portland reacciona con agua. Tanto a profundidad como cerca de la superficie, el curado tiene una influencia significativa en las propiedades del concreto endurecido, como la resistencia, la permeabilidad, la resistencia a la abrasión, la estabilidad volumétrica, la propensión a la fisuración temprana y la resistencia a la congelación y descongelación y a productos químicos deshielos (ACI, 2016).

El término "curado" también se ha utilizado en un sentido más general para describir el proceso por el cual el concreto hidráulico madura y desarrolla propiedades endurecidas con el tiempo como resultado de la continua hidratación de los materiales cementicios en presencia de suficiente agua y calor (ACI, 2016).

#### ***2.2.6.1. Hidratación del Cemento Portland***

El concreto de cemento Portland es un material compuesto en el cual los agregados están unidos en una matriz porosa de pasta de cemento endurecido. A nivel microscópico, se establecen enlaces entre los productos de la reacción del cemento con el agua para unir la pasta endurecida. Productos similares se forman a partir de las reacciones entre el cemento, el agua y otros materiales cementicios (ACI, 2016).

La reacción cemento-agua incluye tanto procesos químicos como físicos que se conocen colectivamente como la hidratación del cemento. A medida que el proceso de hidratación continúa, la resistencia de la unión entre partículas aumenta, y la porosidad entre partículas disminuye. La

velocidad y la extensión de la hidratación dependen de la disponibilidad de agua. Por lo tanto, los procedimientos de curado aseguran que haya suficiente agua disponible para el cemento para mantener la velocidad y el grado de hidratación necesarios para lograr las propiedades deseadas del concreto en el momento requerido (ACI, 2016).

#### ***2.2.6.2. La Necesidad de Curado***

Si la cantidad de agua incorporada inicialmente en el concreto como agua de mezcla es suficiente para sostener una hidratación adecuada y obtener las propiedades buscadas en una mezcla de concreto específica, se requieren medidas de curado para garantizar que esta agua permanezca en el concreto hasta que se alcancen las propiedades deseadas. En contenido inicial de agua más bajo, donde se aprovechan relaciones agua/cemento más bajas y menor porosidad inicial, puede ser necesario utilizar medidas de curado que proporcionen agua adicional para sostener la hidratación hasta el grado de llenado de poros requerido para lograr las propiedades deseadas del concreto (ACI, 2016).

A medida que el cemento se hidrata, queda agua de mezcla insuficiente para sostener una hidratación adicional. Mezclas con relaciones agua/cemento bajas, selladas contra la pérdida de agua o la entrada de agua, pueden secarse desde el interior. La autodesecación puede remediarse cerca de la superficie del concreto proporcionando externamente agua de curado para sostener la hidratación. Sin embargo, en valores tan bajos de la relación agua/cemento, la permeabilidad de la pasta es normalmente tan baja que el agua de curado aplicada externamente no penetrará mucho más allá de la capa superficial. Esto también significa que las propiedades superficiales, como la resistencia a la abrasión y la resistencia al desprendimiento, pueden mejorarse considerablemente mediante el curado húmedo de concreto con baja relación agua/cemento, mientras que las

propiedades generales, como la resistencia a la compresión, pueden ser considerablemente menos sensibles a las condiciones de humedad superficial (ACI, 2016).

#### ***2.2.6.3. Tiempo de Inicio del Procedimiento de Curado***

Las medidas de curado deben iniciarse cuando la superficie del concreto comienza a secarse, lo cual ocurre tan pronto como el agua de sangrado acumulada se evapora más rápido de lo que puede ascender a la superficie del concreto. El momento en que comienza el secado y la necesidad de curado depende no solo del entorno y la tasa resultante de evaporación, sino también de las características de sangrado del concreto (ACI, 2016).

#### ***2.2.6.4. Duración del Curado***

El tiempo de curado requerido se determina a partir de la composición y proporciones de la mezcla de concreto, los objetivos para las propiedades deseadas, la velocidad de desarrollo de estas propiedades durante el curado, y las velocidades posteriores de desarrollo tras la conclusión del curado. Las pruebas han demostrado que la duración del curado húmedo requerido para llevar pastas con diferentes relaciones agua/cemento a una permeabilidad equivalente varió, desde 3 días para relaciones agua/cemento bajas, hasta 1 año para relaciones agua/cemento altas. La duración del curado es sensible a la relación agua/cemento de las pastas porque una relación agua/cemento más baja resulta en una espaciación inicial más cercana de las partículas de cemento, requiriendo menos hidratación para llenar los espacios entre partículas con productos de hidratación (ACI, 2016).

El curado debe continuar hasta que se desarrollen las propiedades requeridas del concreto o hasta que haya una garantía razonable de que las propiedades deseadas del concreto se alcanzarán después de que se hayan finalizado las medidas de curado y el concreto esté expuesto al entorno

natural. Es probable que la tasa continua de desarrollo de las propiedades del concreto sea más lenta después de que se hayan finalizado las medidas de curado (ACI, 2016).

Por ejemplo, es común permitir la terminación de las medidas de curado cuando se ha alcanzado el 70% de la resistencia especificada para la compresión del concreto. Esta es una práctica razonable si las condiciones previstas después del curado permiten que el concreto continúe desarrollándose hasta alcanzar el 100% de la resistencia especificada dentro del período de tiempo requerido (ACI, 2016).

#### ***2.2.6.5. Métodos de Curado y Materiales***

Independientemente de los materiales o técnicas aplicados en el curado del concreto, es fundamental que se preserve un contenido de humedad y temperatura que favorezca el desarrollo completo de sus propiedades. Aunque existen muchos métodos para controlar estos parámetros, no todos son iguales en precio, idoneidad o eficacia. Los medios y métodos a utilizar dependerán de las exigencias de cada conjunto de circunstancias (ACI, 2016).

Con respecto al uso de agua para el curado del concreto, la elección del método debe asegurar una cobertura completa y continua de agua, sin presencia de materiales nocivos. El agua de curado debe estar libre de impurezas agresivas que puedan atacar o causar deterioro del concreto. En general, el agua que es potable y satisfactoria como agua de mezcla es aceptable como agua de curado. En casos donde la apariencia es un factor determinante, se requiere que el agua esté completamente libre de sustancias perjudiciales que puedan manchar o alterar el color del concreto. A continuación, se describen métodos de curado con agua (ACI, 2016).

**a) *Inmersión.*** Aunque se emplea muy rara vez, método más completo de curado consiste en la inmersión total en agua de la unidad de concreto ya terminada, Algunas veces el anegamiento se emplea cuando se trata de losas de piso y puentes, pavimentos y techos planos; es

decir, en cualquier lugar donde sea posible crear un charco mediante un bordo o dique de tierra u otro material en el borde de una losa, o cuando existe ya una corriente de agua (Tejada, 2016).

También se le conoce como el método del encharcamiento y es utilizado mayormente en superficies que tienen la textura plana, como, por ejemplo; en losas o pavimentos. También son utilizados los diques o también llamados bordos de arena o suelo, que se coloca en todo el perímetro de la parte superficial del concreto, de tal manera que retienen el agua, y es uno de los métodos más eficaces para mantener la temperatura del concreto. Un punto clave a tener en consideración es que el agua utilizada para el curado del concreto debe cumplir con los requisitos de calidad exigidos para el consumo humano y estar en temperaturas de 11 °C y 20 °C, siempre el agua debe ser más fría que el concreto, para así de esa forma evitar que sufran fisuras o grietas. El curado por inmersión también se realiza cuando se proceden a curar las probetas para los ensayos a compresión (Abanto, 2017)

**b) *Rociado o Aspersión.*** Según el ACI (2016), cuando la temperatura es bastante superior a la de congelación, el rociado de niebla o aspersión mediante boquillas o aspersores proporciona un curado excelente. Cada vez que la superficie de concreto esté más fría que el entorno interior, la presión atmosférica dará lugar a la formación de una película de humedad sobre la superficie. Los aspersores de jardín son efectivos en situaciones donde no hay restricciones en el consumo de agua. Sin embargo, uno de los inconvenientes del rociado es el costo asociado al agua, a menos que la disponibilidad del líquido sea simplemente limitada por los gastos de bombeo. No se recomienda la aspersión intermitente si permite que la superficie del concreto se seque.

Recurrir a mangueras es práctico, especialmente para empapar superficies verticales o casi verticales, aunque se debe tener precaución para no causar erosión en dicha superficie.

c) *Costales, Mantas de Algodón y Alfombras.* Según el ACI (2016) los costales, mantas de algodón, alfombras y otras cubiertas de material absorbente retendrán agua sobre la superficie de concreto, sea esta horizontal o vertical. Estos materiales deben estar libres de sustancias potencialmente dañinas para el concreto, tal como azúcares o fertilizantes. Se recomienda lavar los costales de manera exhaustiva con agua para eliminar sustancias solubles y potenciar su capacidad de absorción.

Al guardar costales entre obras, es prudente utilizar aquellos tratados para resistir la putrefacción y el fuego. Un mayor peso del costal implica una retención de agua más alta, lo que disminuye la necesidad de mojarlo con frecuencia. Es ventajoso colocarlo doble, traslapando las tiras hasta la mitad de su ancho, lo cual proporcionará una mejor retención de humedad y ayudará a que no se levante cuando sople viento fuerte o lluvia (ACI, 2016).

En comparación con los costales, las mantas de algodón y las alfombras tienen una mayor retención de agua y presentan un menor riesgo de secado. Se manejan igual, excepto que, debido a su mayor masa, su aplicación sobre una superficie recién terminada no se puede hacer de una manera tan inmediata como cuando se trata de costales, sino que se debe esperar a que el concreto tenga un mayor grado de endurecimiento (ACI, 2016).

Se colocan materiales selladores, ya sean láminas o membranas, sobre el concreto para reducir la evaporación del agua. El uso de selladores en el curado ofrece ventajas que lo hacen preferible en muchas situaciones. Al evitar la pérdida de humedad mediante el sellado, se disminuye el riesgo de que el concreto se seque prematuramente por fallos en el mantenimiento de la capa húmeda. Además, los materiales selladores son más manejables y, en ocasiones, se pueden aplicar tempranamente, incluso sin necesidad de un curado inicial. Esta práctica resulta especialmente beneficiosa en regiones secas para el curado de superficies planas sobre terrenos

húmedos y para estructuras de concreto masivas. A continuación, se describen los materiales selladores más comunes (ACI, 2016).

*d) Compuestos Líquidos Para Formar Membranas de Curado.* Para la formación de membranas de curado, los líquidos empleados deben cumplir con las especificaciones de la Norma ASTM C 309, al ser sometidos a pruebas con el mismo nivel de cobertura que se empleará en el proyecto. Estos compuestos se componen principalmente de ceras, resinas naturales o sintéticas, junto con solventes de alta volatilidad a la temperatura ambiente. La ventilación adecuada y las medidas de seguridad son fundamentales al manipular estos compuestos. Su formulación debe favorecer la creación de una película que retenga la humedad poco después de la aplicación, sin causar daños a la pasta de cemento Portland. A veces se les incorporan pigmentos blancos o grises para proporcionarles capacidad de reflejo de calor y para hacer visible el compuesto en la estructura, con fines de inspección (ACI, 2016).

Los compuestos de curado no se deben emplear sobre superficies que vayan a recibir capas adicionales de concreto, pintura o mosaicos que requieran de buena adherencia, a menos que se haya demostrado que la membrana se puede retirar satisfactoriamente antes de hacer la subsecuente aplicación o que no representó ningún problema como base para la aplicación posterior (ACI, 2016).

La aplicación del compuesto debe ser uniforme, con valores típicos de cobertura que oscilan entre 0.20 y 0.25 litros por metro cuadrado. Los compuestos formadores de membrana se aplican comúnmente con fumigadora manual o rociadores mecánicos. Se recomienda realizar la aplicación en dos capas, siendo la segunda aplicada en dirección perpendicular a la primera para asegurar una cobertura uniforme. El momento óptimo para la aplicación de los compuestos líquidos es aquel en el cual se observa que ha desaparecido agua libre de la superficie del concreto,

aunque sin demorar la aplicación tanto que el compuesto sea absorbido por los poros superficiales del concreto (ACI, 2016).

### ***2.2.7. Diseño de Mezcla***

En el diseño de mezcla, se seleccionan cuidadosamente los materiales, incluyendo cemento, agregados, agua y posiblemente aditivos o adiciones. Según Neville y Brooks (2010), la elección de estos materiales es esencial para garantizar la resistencia, durabilidad y otras propiedades específicas del concreto.

La importancia de las proporciones de los materiales en la mezcla no puede subestimarse. La relación agua-cemento (a/c) emerge como un parámetro crítico que incide en la resistencia y durabilidad del concreto.

Las necesidades del proyecto influyen en el diseño de la mezcla. Factores como la resistencia requerida, la exposición al ambiente y la trabajabilidad del concreto son consideraciones importantes. La ACI (2019) establece estándares para el diseño de mezclas en aplicaciones estructurales.

Factores ambientales como temperatura y humedad pueden tener repercusiones en la composición de la mezcla. Controlar cuidadosamente la temperatura durante el proceso de curado es igualmente crucial. Según Neville y Brooks (2010), es vital ajustar el diseño de la mezcla considerando las condiciones ambientales.

### 2.3. Definición de Términos Básicos

- **Concreto:** El concreto es el resultado de la combinación del agregado fino, el agregado grueso, cemento, agua y en algunas ocasiones especiales también los aditivos. Presenta un buen comportamiento bajo cargas axiales (NTP 339.047, 2014)
- **Curado:** Es el proceso de hidratación del concreto, en el cual se adopta medidas para mantener la humedad y la temperatura de dicha mezcla recién colocada, y se puede realizar mediante una variedad de métodos (NTP 339.047, 2014).
  - **Curado por inmersión:** Consiste en la inmersión total del elemento en agua, es ideal para superficies con textura plana como pavimentos o losas (Abanto, 2017).
  - **Curado por rociado:** es el proceso curar el concreto mediante aspersores, siempre y cuando la temperatura sea bastante superior a la de congelación (ACI, 2016).
  - **Curado por cubiertas húmedas:** el curado con mantas de algodón, costales, alfombras y otras cubiertas de material absorbente retendrán el agua sobre la superficie de concreto (ACI, 2019).
  - **Aditivo curador:** Es un líquido que, cuando se aplica a la superficie del concreto recién colocado, forma una membrana que impide la evaporación del agua y, en el caso de compuestos pigmentados blancos, refleja el calor (NTP 339. 043, 2014).
  - **Resistencia a la Compresión:** Es la máxima resistencia que puede soportar el concreto cuando es sometido a cargas axiales, y se expresa como fuerza por unidad de superficie. (NTP 339.034, 2021).

## Capítulo III. Materiales y Métodos

### 3.1 Ubicación geográfica

#### 3.1.1 Ubicación geográfica de la investigación

La empresa en la que se realizó el trabajo de gabinete fue “Guersan ingenieros S.R.L”, su laboratorio tiene sede en la ciudad de Cajamarca en el Psj. Diego Ferré No. 295 en el departamento de Cajamarca. Las coordenadas UTM para el sistema WGS 84 son: al Este:775837 y al Norte: 9206986.9, de la zona 17.

#### Figura 1

*Ubicación geográfica de la investigación (Google Earth)*



### 3.1.2 *Ubicación geográfica de la cantera de estudio*

La cantera Aguilar fue seleccionada para la recolección de los agregados que se empleó en la investigación, cuya ubicación se encuentra en la vía Baños del Inca-Otuzco (antes del viaducto “La Unión”), en el distrito de Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca. Sus coordenadas UTM para el sistema WGS 84 son: al Este:779910.9 y por el Norte: 9208941.8, de la zona 17.

#### **Figura 2**

*Ubicación geográfica de la cantera de estudio (Google Earth)*



## 3.2 Metodología

### 3.2.1. Tipo, nivel, diseño y metodología de la investigación

- **Tipo:** Aplicada. Ya que, a partir del conocimiento puro busca resolver problemas o planteamientos específicos de la vida cotidiana.
- **Nivel:** Descriptiva. Se describe la realidad de las características de los especímenes estudiados tal cual como fueron determinados.
- **Diseño:** Experimental. Se manipula intencionalmente la variable independiente (tipo de curado) para analizar los resultados que se obtienen en la variable dependiente (f'c. del concreto).
- **Enfoque de la investigación:** Cuantitativa. Mediante el uso de herramientas estadísticas y matemáticas se logró cuantificar numéricamente el problema de investigación.

### 3.2.2. Variables

#### a) Variable dependiente

Resistencia a la compresión.

#### b) Variable independiente

Tipo de curado.

### 3.2.3. Población de estudio

La conformación de la población de estudio consistió en probetas de concreto cilíndricas de seis pulgadas (6") de diámetro, con una altura doce pulgadas (12"). Su resistencia de diseño fue de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.2.4. Muestra

Para poder muestrear la población, se tuvo que dividir los 72 especímenes planteados en 18 testigos para que se aplique el curado por inmersión (C1), 18 por el método de curado rociado (C2), 18 testigos con curado de cubiertas húmedas (C3) y 18 probetas con aditivo formador de membrana (C4), los cuales fueron sometidos a pruebas de compresión a los siete, catorce y veintiocho días de edad respectivamente, teniendo por resultado la conformación de los siguientes grupos:

**Tabla 4**

*Distribución de las muestras de ensayo.*

Ítem	Numero de testigos	Tipo de curado	Edad de ensayo
1	6	C1	7
2	6	C2	7
3	6	C3	7
4	6	C4	7
5	6	C1	14
6	6	C2	14
7	6	C3	14
8	6	C4	14
9	6	C1	28
10	6	C2	28
11	6	C3	28
12	6	C4	28

### 3.2.5. Unidad de observación

Las probetas de concreto

### 3.2.6. Unidad de análisis

Resistencia a la compresión del concreto sometido a diferentes tipos de curados.

### **3.3 Materiales, equipos y herramientas**

#### **3.3.1 Materiales**

- Cemento Pacasmayo Tipo I.
- Agregado Fino de la “Cantera Aguilar”.
- Agregado Grueso de la “Cantera Aguilar”.
- Aditivo formador de membrana impermeabilizante (SIKACEM CURADOR).
- Agua potable.

#### **3.3.2 Equipos**

- Juego de tamices, que incluyen las siguientes mallas: N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2" y 4".
- Horno con termostato.
- Balanza, con sensibilidad de 0.5 gr. y capacidad no menor de 5 Kg.
- Cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3 mm.
- Recipiente adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua para peso específico.
- Máquina de los Ángeles.
- Pirómetro FLUKE.
- Esferas de acero.
- Barra compactadora de acero, circular, recta, cuyas medidas son: 60 centímetros de largo y su diámetro de media pulgada, con un extremo redondeado.
- Máquina de compresión uniaxial.
- Trompo mezclador de concreto de capacidad de 7 pies cúbicos

### **3.4 Procedimiento de la investigación**

#### **3.4.1. *Cantera de estudio.***

Para realizar esta investigación, se optó por trabajar con los agregados de la cantera “Aguilar”, los cuales son de origen fluvial debido a la proximidad que tiene con el río Chonta. La referencia de su localización se describe en el ítem 3.1.2.

#### **3.4.2. *Propiedades físicas de los agregados.***

**3.4.2.1. Peso específico.** Se realizó de acuerdo a la normativa correspondiente.

##### **A) *Para el agregado grueso. (NTP 400.021/ ASTM C 127)***

###### **Procedimiento.**

Con la finalidad de eliminar las impurezas y las partículas de polvo, se realizó una limpieza exhaustiva de la muestra, posteriormente, con la ayuda de un horno con termostato, se secó a una temperatura constante como indica la norma técnica, hasta no encontrar variación en su masa, luego de este proceso se remojo por completo en agua durante 24 horas.

Al culminar del proceso de remojo, se retiró el agregado y se procedió a rodar sobre una tela absorbente con la finalidad de eliminar toda partícula de agua superficial.

Una vez que se tuvo la muestra saturada, se realizó el pesado correspondiente con su superficie seca. Inmediatamente después se depositó en una malla de alambre y se procedió a determinar así su peso en el agua. Se determina el peso de la malla sumergida en agua.

Para concluir con el ensayo, las muestras de agregado grueso se secaron completamente en una estufa a una temperatura constante ( $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ). Al día siguiente, las muestras fueron retiradas del horno y pesadas a temperatura ambiente.

**Cálculo de resultados.**

- ✓ **Peso específico de masa:**

$$Pe = \frac{A}{B - C}$$

- ✓ **Peso específico de masa saturada con superficie seca:**

$$Pesss = \frac{B}{B - C}$$

- ✓ **Peso específico aparente:**

$$Pea = \frac{A}{A - C}$$

- ✓ **Porcentaje de absorción:**

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

Donde:

A: Peso al aire del agregado, secado al horno (g).

B: Peso al aire del agregado, con superficie seca (g).

C: Peso en el agua del agregado, saturada (g).

**B) Para el agregado fino: (NTP 400.022/ ASTM C 128)**

**Procedimiento.**

En condición de saturado superficialmente seco, se pesó al aire 500 g del agregado fino y se procedió a insertar la muestra en un matraz volumétrico. A continuación, se le añadió agua hasta un aproximado de 90 % de su capacidad, esto con el propósito de desechar las partículas de aire

mediante un proceso de agitación. Posteriormente, se terminó de llenar el frasco de vidrio graduado hasta los 500 ml, para luego llevar a una balanza y determinar su peso total de este.

Se extrajo la muestra del matraz de vidrio y en seguida se llevó a secar en una estufa con termostato a la temperatura indicada en la norma técnica por un periodo de 24 horas. Luego de este proceso se pesa en una balanza.

Finalmente, se llenó con agua el frasco aforado hasta la marca de 500 cm<sup>3</sup> y se calculó su peso total.

### **Cálculo de resultados.**

✓ **Peso específico de masa:**

$$Pe = \frac{W_o}{V - V_o}$$

✓ **Peso específico de masa saturada con superficie seca:**

$$P_{esss} = \frac{500}{V - V_o}$$

✓ **Peso específico aparente:**

$$Pea = \frac{W_o}{(V - V_o) - (500 - W_o)}$$

✓ **Porcentaje de absorción:**

$$ab(\%) = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Donde:

W<sub>o</sub>: Peso al aire del agregado, secada al horno(gr).

V: Volumen del frasco de vidrio (cm<sup>3</sup>).

Vo: Peso en gramos o volumen ( $\text{cm}^3$ ) del agua añadida al frasco.

### **3.4.2.2. Peso unitario de los agregados. (NTP 400.017, ASTM C-29/ C-29M)**

#### **Procedimiento.**

##### ***A) Peso unitario suelto***

Se procedió a llenar el recipiente metálico hasta el rebose. El agregado se colocó por encima del borde superior del recipiente a una altura aproximada de 5 cm, posteriormente se desecha el material sobrante de tal forma que quedó enrasado para equilibrar los vacíos.

Finalmente, con una balanza de exactitud de 5g, se determinó la masa total de recipiente con el agregado, así como también la del recipiente vacío.

##### ***B) Peso unitario compactado***

Se colocó el agregado en un tercio del volumen de un recipiente de metal. Se alisó la superficie con la mano y se compactó con una varilla metálica, dando 25 golpes correctamente espaciado. Este proceso se repitió dos veces más, hasta llenar las 2/3 parte restantes del recipiente de la forma anteriormente descrita. Una vez lleno el recipiente, se enrazó con la barra metálica tratando de que quede la superficie plana y sin vacíos.

Finalmente, utilizando una balanza de 0.005 kg de exactitud, se midió el peso total de depósito metálico con el agregado y el peso del depósito metálico vacío.

#### **Cálculo de resultados.**

Se realizó el cálculo del factor (F), con el que se aseguró de calibrar el recipiente. Sabiendo el peso exacto del agua que se requiere, se vertió el agua a una temperatura de  $16.7^\circ\text{C}$ .

$$F = \frac{1000 \text{ kg/cm}^3}{W_a(16.7^\circ\text{C})}$$

Donde:

F: Factor para el recipiente (l/m<sup>3</sup>).

W<sub>a</sub>: Peso requerido llenar el recipiente con agua.

Finalmente, mediante la siguiente fórmula se determinó el peso unitario.

$$PU = \frac{W_s}{V} = W_s * F$$

Donde:

PU: Peso unitario (kg/m<sup>3</sup>).

W<sub>s</sub>: Peso neto del agregado (kg)

V: Volumen del molde cilíndrico (m<sup>3</sup>)

F: Factor para el recipiente (l/m<sup>3</sup>).

#### **3.4.2.3. Contenido de humedad. (NTP 339.185/ ASTM C-566)**

##### **Procedimiento.**

Se colocó la muestra húmeda en un recipiente y se procedió a pesar el total de las masas (peso de la tara + peso del agregado). Luego, el recipiente que contenía la muestra se colocó en una estufa con termostato, donde se dejó reposar a temperatura constante por un lapso de 24h.

Finalmente, se determina el peso total de la tara más la del peso del agregado seco.

### **Cálculo de resultados.**

$$w\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

W%: Porcentaje de humedad.

Ww: Peso del agua evaporada (kg).

Ws: Peso de la muestra seca (m<sup>3</sup>).

#### **3.4.2.4. Análisis granulométrico. (NTP 400.012/ ASTM C 136)**

El análisis granulométrico es un método mediante el cual se pudo determinar la gradación de los agregados. Mediante los datos obtenidos, se verificó un correcto cumplimiento de la distribución de los tamaños de partículas con los requisitos aplicables de la especificación requerida, siendo de vital importancia al momento de realizar un control de calidad del agregado o para el diseño de mezclas.

Cabe mencionar, que, con finalidad de determinar con precisión el material fino de diámetro menor 75 µm, se aplicó condiciones estándar de la ASTM C 117. Mediante un proceso de lavado del agregado con la malla No. 200 se calculó la cantidad de limos que contiene la muestra.

### Preparación de la muestra.

Se siguió lo establecido en la NTP 400.010 para la extracción y preparación de las muestras. Lo que significa que la cantidad de muestra extraída de campo fue como lo indica la Tabla 5. La norma también estipula que se puede tomar 4 veces la cantidad mínima requerida por ensayo.

**Tabla 5**

Medida de toma de las muestras de campo (NTP 400.010, 2016)

<b>Tamaño agregado</b>	<b>Masa de la muestra de campo, min. kg (lbs)</b>	<b>Muestra de campo Volumen, min L (Gal)</b>
Agregado fino		
2,36 mm [No. 8]	10 [22]	8 [2]
4,75 mm [No. 4]	10 [22]	8 [2]
Agregado grueso		
9,5 mm [3/8 in.]	10 [22]	8 [2]
12,5 mm [1/2 in.]	15 [35]	12 [3]
19,0 mm [3/4 in.]	25 [55]	20 [5]
25,0 mm [1 in.]	50 [110]	40 [10]
37,5 mm [1 1/2 in.]	75 [165]	60 [15]
50,00 mm [2 in.]	100 [220]	80 [21]
63,00 mm [2 1/2 in.]	125 [275]	100 [26]
75,00 mm [3 in.]	150 [330]	120 [32]
90,00mm [3 ½ in.]	175 [385]	140 [37]

Para realizar el ensayo, la cantidad mínima de agregado fino después del secado en horno que se tomo fue de 300 g. Mientras que, la cantidad de material que se requiere para el agregado grueso se indican en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso. (NTP 400.012, 2016)*

<b>Tamaño Máximo Nominal de las partículas (mm)</b>	<b>Cantidad de Muestra de Ensayo, Mínimo (kg)</b>
9.5 (3/8)	1
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	5
25.0 (1)	10
37.5 (1 1/2)	15
50 (2)	20
63 (2 1/2)	35
75 (3)	60
90 (3 1/2)	100
100 (4)	150
125 (5)	300

**Procedimiento.**

la muestra se colocó en un horno con termostato y se seca a una temperatura constante por 24 horas, tal como indica la norma técnica. Luego de este proceso, se selecciona los tamaños de las mallas requeridas en el ensayo, a fin de recolectar los datos necesarios. Estos tamices se colocaron de manera descendiente según la abertura que poseen, de mayor a menor. La muestra se colocó gradualmente en la malla superior y se procedió a tamizar de forma manual. Se tuvo en cuenta las consideraciones tales como no saturar de material los tamices, ni presionar el agregado

para obligarlo a pasar a otro tamiz de menor abertura. En todo momento se evitó la pérdida de material mediante el proceso.

Finalmente, el proceso concluyó cuando al cabo de 1 minuto, la cantidad de residuo que pasó de una malla a otra no excedió del 1 % en peso de la muestra retenida en la malla.

### **Cálculo de resultados.**

El resultado de este ensayo se expresó en el porcentaje total que se retiene en cada malla, el porcentaje retenido acumulado entre mallas consecutivas y el porcentaje de material que pasa cada malla. Se utilizó los usos granométrico establecidos en la Norma NTP 400.037 o la ASTM C33 para determinar que los valores obtenidos en este ensayo estuvieron dentro de los límites permisibles.

El módulo de finura (M.F) de los agregados, se estableció tomando en cuenta los resultados de su análisis granométrico, sumando los porcentajes retenidos acumulados y a este resultado se le dividió entre 100.

➤ ***Módulo de finura del agregado fino***

$$M.F = \frac{\sum \%Ret. acum. \left( 3", 1 \frac{1}{2}", \frac{3}{4}", \frac{3}{8}", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100 \right)}{100}$$

➤ ***Módulo de finura del agregado grueso***

$$M.F = \frac{\sum \%Ret. acum. (N^{\circ} 4, 3/8", 3/4", 1", 1 1/2")}{100}$$

Además, para la grava, se calculó el Tamaño Máximo y tamaño Máximo nominal bajo los lineamientos de la NTP 400.037 (2018).

### **3.4.2.5. Materiales más finos que pasan la malla N°200. (NTP 400.018)**

#### **Procedimiento.**

Se colocó la muestra en un recipiente y se secó a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta tener una masa uniforme, en seguida, se determinó el peso del material seco, posteriormente se lavó la muestra con agua en el tamiz No 200.

Finalmente, en un depósito se vertió la muestra lavada, se llevó a secar en un horno con termostato a temperatura constante y se pesó el agregado resultante.

#### **Cálculo de los resultados.**

$$A = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$$

Donde:

W1: Peso seco de la muestra inicial (g)

W2: Peso seco de la muestra después de haber sido lavada (g)

### **3.4.2.6. Resistencia a la abrasión. (NTP 400.019/ ASTM C131)**

#### **Preparación de la muestra.**

Para la extracción de la muestra, se consideró un agregado limpio y secado en horno con termostato por un periodo de 24 h o hasta tener una masa relativamente constante. Dicha muestra fue representativa del material a ensayar.

La carga y el número de esferas fueron dependientes de la gradación de la muestra de ensayo, como sigue:

**Tabla 7**

*Masa de la carga dependiendo del tipo de gradación del agregado. (NTP 400.019, 2014)*

Gradación	Número de esferas	Peso de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

**Tabla 8**

*Gradación de las muestras de ensayo. (NTP 400.019, 2014)*

Tamices		Peso de los tamaños indicados (g)			
Pasa	Retiene	A	B	C	D
1 ½"	1"	1250 ± 25			
1"	¾"	1250 ± 25			
¾"	½"	1250 ± 10	2500 ± 10		
½"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	¼"			2500 ± 10	
¼"	Nº4			2500 ± 10	
Nº4	Nº8				5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

### **Procedimiento.**

Con la ayuda de la Tabla 7 y la Tabla 8 se escogió el tamaño de la muestra y el número de esferas a utilizar en el ensayo, en seguida se colocó la muestra en la Máquina de Ángeles, la cual opera de 30 a 33 revoluciones por minuto por un total de 500 revoluciones.

Culminado el proceso de abrasión, se retiró el material resultante y las esferas metálicas de la máquina, el mismo que se lavó por la malla N° 12. el material estante se llevó al horno con termostato a una temperatura constante de 110°C, con una variación de  $\pm 5^\circ\text{C}$ , durante el lapso de 24 h. Finalmente se pesó el material seco obtenido y se realizaron los cálculos correspondientes.

#### **Cálculo de los resultados.**

$$\% \text{ desgaste} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$$

Donde:

W1: Peso muestra antes del ensayo (g)

W2: Peso muestra después del ensayo (g)

#### **3.4.3. Diseño de mezcla.**

En este estudio, se llevó a cabo la elaboración de un diseño de mezcla para un concreto cuyo  $f'c$  es de 210 kg/cm<sup>2</sup>. El procedimiento que se empleo fue de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Método de Finura para la Combinación de Agregados. Este diseño se empleó para la fabricación de las probetas.

#### **Equipos.**

Cemento Portland Tipo I según norma ASTM C-150.

Agua potable de la red de servicio de la ciudad de Cajamarca.

Agregado fino extraído de la cantera “Aguilar”.

Agregado grueso extraído de la cantera “Aguilar”.

## **Procedimiento.**

Para realizar la presente investigación, se recurrió a utilizar el método de finura de combinación de agregados, con el objetivo de lograr un concreto con resistencia  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Este diseño se pudo realizar ya que se conocía con anterioridad las propiedades de los agregados, mediante los ensayos antes descritos. A continuación, se describen los pasos realizados en dicho método.

***Selección de la resistencia promedio.*** Como primer paso, se determinó la resistencia a compresión promedio ( $f'cr$ ), la cual se determina a partir del  $f'c$  de diseño. Basada en la siguiente fórmula:

$$f'cr = 1.2 \times f'c$$

***Selección de tamaño máximo nominal (TMN).*** La selección del TMN se determinó a partir de realizar el análisis granulométrico descrito anteriormente, siendo  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

***Selección del asentamiento.*** En el ensayo se requirió obtener una consistencia plástica, por lo tanto, el asentamiento del concreto oscila entre las 3 y 4 pulgadas.

***Selección de la relación agua – cemento (A/C).*** El valor de la relación A/C se obtuvo teniendo en cuenta que la consistencia requerida del concreto es plástica.

***Selección del contenido de aire.*** El porcentaje de aire que contiene el diseño de mezcla está influenciado por los valores que proporcionó el TMN del agregado grueso ( $\frac{3}{4}$  de pulgada), que en este caso se consideró 2.0%.

***Selección del volumen de agua de mezclado.*** Este dato se obtuvo de los valores establecidos por el método, considerando las particularidades del concreto que se desea obtener.

***Cálculo del contenido de cemento.*** Esta influenciado directamente por el volumen de agua y la relación agua cemento elegida. Se expresa mediante la fórmula siguiente.

$$Cemento = \frac{agua}{relacion\ agua\ cemento}$$

***Cálculo del volumen absoluto de pasta.*** El volumen de la pasta fue calculado con la sumatoria del factor del cemento dividido entre su densidad, junto con el volumen de agua de mezcla dividido por su densidad, además del porcentaje de aire atrapado.

***Cálculo del volumen absoluto de los agregados.*** Se determinó el volumen total del agregado al restar el volumen de la pasta a la unidad.

$$Volumen\ de\ agregados = 1 - volumen\ de\ pasta$$

***Determinación de los pesos de los agregados.*** Teniendo en cuenta el TMN y la cantidad de cemento que requiere el diseño, se buscó una relación en las tablas ACI, para el método que se empleó, con las cuales se determinó los porcentajes de cada agregado. Dichas tablas se encuentran en el reglamento ACI 318S.

Agregado fino: en %

Agregado grueso: en %

Una vez obtenido los porcentajes de cada agregado se procedió a calcular los volúmenes absolutos de los agregados, posteriormente, con estos datos se calculó el peso de cada agregado respectivamente:

Volumen absoluto del agregado grueso: en m<sup>3</sup>.

Volumen absoluto del agregado fino: en m<sup>3</sup>.

Peso del agregado fino: en Kg.

Peso del agregado grueso: en Kg.

***Materiales de diseño por metro cúbico.*** Después de efectuar los cálculos correspondientes se logró determinar la cantidad de materiales requeridos por metro cubico. Dichos materiales fueron:

Agregado grueso seco.

Agregado fino seco.

Agua de diseño.

Cemento.

Aire atrapado.

***Corrección por humedad de los materiales.*** Una vez conocida la cantidad de materiales secos que se emplea en el diseño, se hizo una corrección por la humedad cada agregado según lo estipulado por el método, ya que estos también aportan cierta cantidad de agua a la mezcla. En este paso se calcula el agua efectiva y los materiales corregidos por humedad.

***Proporción en peso de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado.*** Como último paso, se procedió a calcular todas las cantidades de los materiales que requiere la mezcla en relación a una bolsa de cemento.

#### **3.4.4. *Elaboración de especímenes de concreto (NTP 339.183/ ASTM C-192)***

##### **Procedimiento.**

Utilizando una balanza como herramienta de medición, se pesó las proporciones necesarias de cada elemento, previamente calculadas en el diseño de mezcla.

Después de calcular las cantidades requeridas de los elementos, se incorporó a la maquina mezcladora el agregado grueso junto con una fracción pequeña del total del agua de diseño. Después de un corto período de tiempo, se añadió el agregado fino y el cemento.

Cuando todos los elementos se encontraban en la mezcladora, se procedió con el mezclado durante un lapso de 5 minutos. Se retira la mezcla en recipientes limpios.

Se utilizó el cono de Abrams para medir el Slump o asentamiento de acuerdo con la normativa NTP 339.035 o ASTM C143.

Con el propósito de facilitar el desencofrado posterior, se colocó impermeabilizante a los moldes cilíndricos.

Con ayuda del cucharón, se llenaron los moldes con concreto, de tal manera que se realizaron en tres capas. Cada una de ellas se compactó realizando 25 impactos con la varilla compactadora, en forma espiral, también se tuvo en consideración que en cada capa se debió realizar 12 impactos utilizando el mazo de goma alrededor de todo el molde, para finalmente dejar reposar por 24 horas en el lugar más cercano posible.

#### ***3.4.5. Curado del concreto***

##### **Preparación de las muestras.**

Una vez transcurrido el periodo de 24 horas del vaciado, se procedió a desencofrar los especímenes de concreto de los moldes y codificar según corresponda.

### **Procedimiento.**

- A) ***Curado por inmersión.*** Para este tipo de curado, se sumergieron los testigos en una tina curadora de concreto, de tal manera que cubra toda la superficie, según lo especificado en la NTP 339.033.
- B) ***Curado por rociado.*** En este método de curado se simuló lo que comúnmente se realiza en construcción. Por lo cual, se consideró rociar con agua las probetas en tres horarios distintos, 8:00 am, 12:00 pm y 5:00 pm, por un lapso de 5 minutos por cada proceso.
- C) ***Curado con aditivo.*** Con la ayuda de un rociador de líquidos, se procedió a agregar el aditivo formador de membrana impermeabilizante (SIKACEM CURADOR) de acuerdo a las especificaciones del fabricante a toda la superficie de los testigos, teniendo cuidado de que todo sea cubierto. Finalmente se dejaron los testigos en un lugar a la intemperie.
- D) ***Curado cubiertas húmedas.*** Utilizando fibras de lana, se cubrió toda la superficie de los testigos. Al igual que en el método de curado por rociado, se consideró humedecer las fibras de lana que contienen a las probetas en tres horarios distintos, 8:00 am, 12:00 pm y 5:00 pm, por un lapso de 5 minutos por cada proceso.

#### **3.4.6. *Peso unitario del concreto***

Para calcular este parámetro, se tomó en cuenta la NTP 339.046. Según lo indicado en la misma, se llenó un recipiente con concreto fresco en tres capas. En cada una de ella se dieron 25 golpes con una barrilla compactadora de manera distribuida en toda el área del recipiente, además con un mazo de goma se realizaron impactos alrededor del recipiente, con el objetivo de eliminar el aire atrapado. Posteriormente, se enrazó, se limpió el exceso de concreto en el recipiente y se procedió a pesarlo.

Para determinar el peso unitario se restó el peso del recipiente con el concreto menos el peso del recipiente vacío. Se dividió el resultado obtenido entre el volumen del recipiente.

#### **3.4.7. Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034/ ASTM C-39)**

Se asignó un código a cada uno de los especímenes, los mismos que se pesaron. A continuación, se tomaron medidas de diámetro y altura de cada muestra. Después de recopilar los datos, se llevó a cabo la ruptura de cada muestra.

### **3.5 Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.**

#### **3.5.1. Tratamiento y análisis de datos.**

Los datos adquiridos en gabinete fueron analizados y tratados a través de tablas de datos del software de Office (Excel, Word) y con los distintos métodos de cálculo de cada propiedad.

Para obtener los datos sobre las propiedades de los agregados, generalmente se realizó teniendo en cuenta la media aritmética de tres pruebas para cada propiedad. En base a esto se determinó las proporciones de los elementos del concreto mediante el diseño de mezclas.

Se procesaron y analizaron los datos de todas las propiedades del concreto en los mismos programas de Office mediante tablas y gráficos. Con ello, se determinó la variación que existen cuando se realizaron los curados por los métodos descritos en la presente investigación.

#### **3.5.2. Presentación de resultados.**

**3.5.2.1. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados naturales.** La Tabla 09 presenta las características físicas tanto del agregado fino como del agregado grueso provenientes de la cantera Aguilar. Los resultados específicos de cada prueba realizada para evaluar estas propiedades se detallan en el Anexo 01.

**Tabla 9***Propiedades de los agregados de la Cantera Aguilar.*

PROPIEDAD	AGREGADO	
	FINO	GRUESO
Tamaño máximo nominal		3/4"
Peso específico de masa	2.620 g/cm <sup>3</sup>	2.620 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico saturado superficialmente seco	2.660 g/cm <sup>3</sup>	2.650 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente	2.710 g/cm <sup>3</sup>	2.700 g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1608 kg/m <sup>3</sup>	1370 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1735 kg/m <sup>3</sup>	1505 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad (%)	5.276	0.391
Absorción (%)	1.200	1.100
Módulo de finura	2.949	6.841
Abrasión (%)	...	28.00
% Que pasa malla n <sup>o</sup> 200	2.20	0.20

**3.5.2.2. Diseño de mezcla.** En la Tabla 10 y Tabla 11 se muestra la dosificación de los materiales que se ha obtenido mediante el método de combinación de agregados por metro cubico y por relación volumétrica respectivamente. Los detalles y cálculos efectuados para determinar los resultados son presentados en el Anexo 02.

**Tabla 10.**

*Materiales necesarios para metro cubico de concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>.*

<b>MATERIALES DE DISEÑO</b>		<b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b>	
Cemento	299.71 Kg	Cemento	299.71 Kg
Agua de diseño	205 Lt	Agua efectiva	175.05 Lt
Agregado fino seco	889 Kg	Agregado fino húmedo	936 Kg
Agregado grueso seco	887 Kg	Agregado grueso húmedo	890 Kg
Aire total	2 %	Aire total	2 %

**Tabla 11.**

*Materiales necesarios para concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> por relación volumétrica.*

<b>PROPORCION EN PESO</b>		<b>PROPORCION EN VOLUMEN</b>	
CEMENTO =	1	CEMENTO =	1
A. FINO =	3.12	A. FINO =	2.77      5.540 (Latas)
A. GRUESO =	2.97	A. GRUESO =	3.24      6.480 (Latas)
AGUA =	24.8 (Lt / Bolsa)	AGUA =	24.8 (Lt / Bolsa)

### **3.5.2.3. Peso unitario del concreto en estado fresco.**

En la Tabla 12 se exponen los resultados del peso unitario del concreto en su estado fresco. Se respetaron las pautas establecidas por la norma NTP 339.046, donde se extrajo una muestra de 12 especímenes y se determinó el promedio. El detalle y cálculo de estos resultados se pueden visualizar a mayor detalle en el Anexo 03.

**Tabla 12**

*Peso unitario del concreto en estado fresco.*

CONCRETO F'C=210 kg/cm <sup>2</sup>	
MUESTRA	PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )
M-1 C1-1	2341.99
M-2 C1-2	2337.38
M-3 C1-3	2345.76
M-4 C2-1	2351.31
M-5 C2-2	2353.93
M-6 C2-3	2343.77
M-7C3-1	2345.76
M-8 C3-2	2348.59
M-9 C3-3	2354.14
M-10 C4-1	2362.62
M-11 C4-2	2361.47
M-12 C4-3	2335.50
PROMEDIO	2348.52

#### **3.5.2.4. Peso unitario del concreto en estado endurecido.**

En la Tabla 13 se exhiben los resultados del peso unitario del concreto después de haber alcanzado su estado endurecido. Se tomaron los datos de 12 testigos de concreto.

**Tabla 13**

*Peso unitario del concreto en estado endurecido.*

CONCRETO F'C=210 kg/cm <sup>2</sup>	
MUESTRA	PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )
M-1 C1-1	2326.48
M-2 C1-2	2316.28
M-3 C1-3	2401.47
M-4 C2-1	2335.09
M-5 C2-2	2333.44
M-6 C2-3	2339.98
M-7C3-1	2363.96
M-8 C3-2	2327.16
M-9 C3-3	2350.35
M-10 C4-1	2321.44
M-11 C4-2	2328.83
M-12 C4-3	2355.17
PROMEDIO	2341.64

**3.5.2.5. Resistencia a la compresión.** Para determinar el  $f'c$  del concreto, se ensayaron las probetas a las edades de (7, 14 y 28) días en la prensa hidráulica, teniendo en cuenta los parámetros como su altura, diámetro de la muestra y carga última, de acuerdo con lo estipulado en la NTP 339.034 (2018).

En la Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16 se exponen los resultados de los ensayos de compresión realizados para un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, sometido a diferentes tipos de curados y sus respectivas edades.

**Tabla 14**

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 7 días de edad.*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ( $\text{kg/cm}^2$ )	TIPO DE CURADO			
	POR ADITIVO FORMADOR DE MEMBRANA	POR ROCIADO	POR CUBIERTAS HÚMEDAS	POR INMERSIÓN
	159.13	150.64	171.54	178.58
	151.69	145.93	169.4	181.15
	149.88	147.64	164.6	172.03
	161.43	162.18	172.01	175.07
	155.44	149.92	174	182.8
	163.86	146.56	169.77	178.9
PROMEDIO ( $\text{kg/cm}^2$ )	156.91	150.48	170.22	178.09

**Tabla 15**

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 14 días de edad.*

RESISTENCIA DE LAS PROBETAS DE CONCRETO A COMPRESION UNIAXIAL A LA EDAD DE 14 DIAS				
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ( $\text{kg/cm}^2$ )	TIPO DE CURADO			
	POR ADITIVO FORMADOR DE MEMBRANA	POR ROCIADO	POR CUBIERTAS HUMEDAS	POR INMERSIÓN
	185.63	195.3	209.78	208.67
	186.69	190.97	202.3	210.53
	191.11	195.98	197.76	222.74
	188.48	193.64	203.55	217.08
	186.86	196.56	200.68	218.26
	188.68	191.18	203.46	221.7
PROMEDIO ( $\text{kg/cm}^2$ )	187.91	193.94	202.92	216.50

**Tabla 16**

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de edad.*

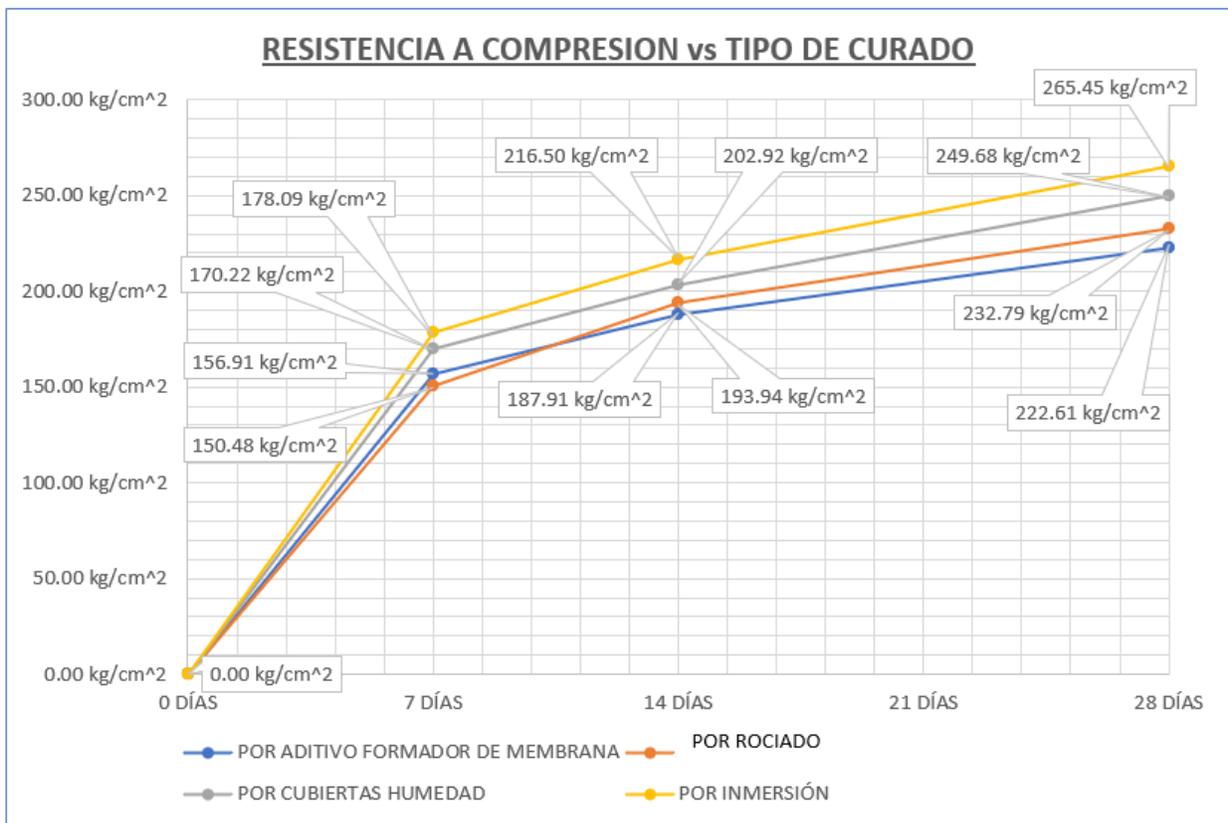
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ( $\text{kg/cm}^2$ )	TIPO DE CURADO			
	POR ADITIVO FORMADOR DE MEMBRANA	POR ROCIADO	POR CUBIERTAS HÚMEDAS	POR INMERSIÓN
	222.44	236.05	257.28	264.75
	232.43	230.86	250.26	264.87
	232.87	227.57	248.70	269.16
	216.16	232.76	249.52	276.18
	212.75	233.50	247.73	262.12
	218.99	235.99	244.57	255.61
PROMEDIO ( $\text{kg/cm}^2$ )	222.61	232.79	249.68	265.45

### 3.5.3. Correlación de variables.

En la Figura 3 se relacionan las variables de la investigación, se tuvo en cuenta la variable independiente (tipo de curado) y la variable dependiente (resistencia a la compresión). Los resultados que se ha obtenido fueron a sus respectivas edades ensayadas.

**Figura 3**

*Gráfica de la resistencia a la compresión vs tipo de curado para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*



En la Tabla 17 se presenta la comparación y variación del  $f'c$  del concreto sometido a los curados por cubiertas húmedas, rociado y aditivo curador con relación al  $f'c$  obtenido por el método convencional.

**Tabla 17**

*Variación del  $f'c$  del concreto sometidos a los curados estudiados en relación al curado por inmersión.*

CURADO POR INMERSIÓN 265.45 kg/cm <sup>2</sup>	TIPO DE CURADO		
	POR ADITIVO FORMADOR DE MEMBRANA	POR ROCIADO	POR CUBIERTAS HUMEDAS
$f'c$ PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	222.61	232.79	249.68
PORCENTAJE CON RESPECTO AL CURADO POR INMERSIÓN	83.86%	87.70%	94.06%
VARIACIÓN RESPECTO AL CURADO POR INMERSIÓN	-16.14%	-12.30%	-5.94%

## Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

### 4.1 Análisis y discusión de los resultados de las propiedades de los agregados.

Como se pudo observar en Tabla 09, se presentaron valores obtenidos de la distribución de las partículas del agregado fino en los diversos tamices, los cuales al ser contrastado con la Norma Técnica NTP 400.037 se determina que la muestra se encuentra dentro de los parámetros establecidos. No obstante, con respecto del análisis granulométrico del agregado grueso, se pudo evidenciar la correcta distribución de sus partículas al encontrarse dentro del Huso Granulométrico establecido en la norma descrita, siendo su tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

Con respecto al módulo de finura, se obtuvo un valor de 2.949 para el agregado fino, mientras que para el agregado grueso un valor de 6.841, los cuales al ser comparados con la NTP 400.037 se evidenció que estos cumplen con los requerimientos establecidos en dicha norma.

En el análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de absorción y peso específico, se puede inferir que se contó con los agregados adecuados para elaboración del diseño de mezclas ya que cumplen con los parámetros que establece la NTP 400.037.

Los resultados mostrados del peso específico y absorción de los agregados (fino y grueso) cumplen con los rangos establecidos por la norma, por lo que se infiere que los agregados son óptimos para la elaboración de la muestra.

Se obtuvo un 28% de resistencia al desgaste o abrasión. Al hacer un análisis comparativo con la NTP 400.19, esta indica que no debe sobrepasar el 50% de la muestra total, por lo tanto, se contó con un agregado óptimo.

En referencia a la presencia de limos (partículas con diámetro menor a los 75  $\mu\text{m}$ ) en los agregados, para el agregado grueso se obtuvo un valor de 0.20%, cumpliendo con la norma NTP 400.018, que establece de no exceder el 1%. Mientras que para el agregado fino se obtuvo un valor de 2.20%, cumpliendo con lo establecido en la norma en donde se indica que este valor no debe exceder el 5 %.

#### **4.2. Análisis y discusión de resultados del peso unitario del concreto en estado fresco y endurecido.**

Como se detallan los resultados de las Tablas 12 y 13, el peso unitario promedio del concreto fresco y endurecido son de 2348.52  $\text{kg}/\text{m}^3$  y 2341.64  $\text{kg}/\text{m}^3$ , respectivamente. A partir de esto, se puede inferir que ambos resultados son adecuados, ya que la norma NTP 339.046 establece un rango entre los 2200  $\text{kg}/\text{m}^3$  y 2400  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

#### **4.3. Análisis y discusión resultados de resistencia a la compresión.**

##### ***4.3.1. Análisis y discusión resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de edad.***

En la Tabla 14 se puede evidenciar los valores promedio del ensayo de compresión uniaxial del concreto a la edad de 7 días. Obteniendo valores con respecto al  $f'c$  de diseño de 71.66% para el curado por rociado, 74.72% mediante el curado con aditivo, 81.06% por medio del curado de cubiertas húmedas y 84.80% si el curado es por inmersión. Es notable que estas cifras superan el 70% del  $f'c$  de diseño, encontrando una similitud con lo determinado por Zorrilla (2018) en su investigación “**Estudio de la influencia del curado acelerado del concreto para un  $f'c = 280 \text{ kg}/\text{cm}^2$** ”, para las mismas edades del concreto.

#### ***4.3.2. Análisis y discusión resultados de resistencia a la compresión a los 14 días de edad.***

Como se puede observar, la Tabla 15 muestra los resultados promedio del ensayo a compresión uniaxial del concreto a la edad de 14 días, los cuales fueron sometidos a los curados por inmersión, rociado, cubiertas húmedas y aditivo curador, obteniéndose valores en referencia a su  $f'c$  de diseño de 103.09 %, 92.35 %, 96.63 % y 89.48%, respectivamente. De los resultados obtenidos, se pudo evidenciar que, tanto por el curado por inmersión como por cubiertas húmedas, se alcanzó un valor aproximado a su  $f'c$  de diseño ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ); sin embargo, los valores por rociado y con aditivo se obtienen resultados inferiores. No obstante, si comparamos con lo determinado en la investigación de Contreras y Velazco (2018) **“Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa”**, se puede evidenciar una similitud en la tendencia al aumento de su  $f'c$  para ciertos métodos de curados.

#### ***4.3.3. Análisis y discusión resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de edad.***

Según lo expresado en Tabla 16, los resultados promedio que han alcanzado los especímenes de concreto mediante el ensayo a compresión uniaxial para los 4 diferentes tipos de curados a los 28 días de edad, con  $f'c$  de  $210 \text{ kg/cm}^2$ . Las resistencias promedio obtenidas con referencia al  $f'c$  de diseño son de  $232.79 \text{ kg/cm}^2$  (110.85 %) para el curado por rociado,  $222.61 \text{ kg/cm}^2$  (106.00 %) mediante el curado con aditivo,  $249.68 \text{ kg/cm}^2$  (118.89 %) por medio del curado de cubiertas húmedas y  $265.45 \text{ kg/cm}^2$  (126.40 %) si el curado es por inmersión. Si bien es cierto todos los curados superaron la resistencia de diseño, pero es importante observar que existe una diferencia significativa de los resultados obtenidos según el tipo de curado. Lo planteado en la presente investigación comparte resultados con lo que ha planteado Jacobo (2019) en su investigación **“Influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia**

**a la compresión del concreto”**, donde se concluye que los aditivos no son tan beneficiosos como el curado convencional.

#### **4.4. Contratación de la hipótesis**

Según lo presentado en la Tabla 17, existe una diferencia significativa en los resultados obtenidos de los ensayos de compresión del concreto sometido a los curados planteados en la investigación en comparación con el curado por inmersión. En relación con este último, se registran las siguientes variaciones en la resistencia: -5.94% para el curado por cubiertas húmedas, -12.30% para el curado por rociado y -16.14% para el curado con aditivo formador de membrana impermeabilizante. Es notoria una variación negativa mayor al 5% para todos los casos, hecho que respalda la hipótesis, determinando así la validez de la misma.

## Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- La variación de las resistencias a la compresión del concreto sometido a los curados por cubiertas húmedas, rociado y aditivo curador en relación a la resistencia del curado por inmersión varía negativamente el 5% en todos los casos, siendo el curado por cubiertas húmedas el más efectivo, mientras que el curado con aditivo el de menor resistencia.
- Las características físicas y mecánicas de los agregados que se han empleado en la presente investigación cumplen con los parámetros requeridos en las normas nacionales e internacionales.
- A los 28 días de edad, las resistencias promedio a la compresión del concreto sometido a un curado por inmersión es de  $265.45 \text{ kg/cm}^2$ , para un curado por cubiertas húmedas la resistencia es de  $249.68 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que por rociado se obtiene un  $f'c$  de  $232.79 \text{ kg/cm}^2$  y, con el aditivo SikaCem Curador, un  $f'c$  de  $222.61 \text{ kg/cm}^2$ . Por lo tanto, se evidencia que la resistencia a la compresión de un concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  está influenciado directamente por el tipo de curado.

## 5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios sobre la eficiencia de los curados a edades de 60 o 90 días, inclusive a los 180 o 365 días, a fin de determinar resultados más reales de la resistencia del concreto a edades más avanzadas.
- Para futuras investigaciones, considerar otros métodos de curados y aditivos, tales como el curado de láminas de polietileno, curado al vapor, curado con el aditivo Sika Antisol, etc. Asimismo, considerar agregados provenientes de canteras de cerro.
- En próximos estudios incluir los ensayos a flexión del concreto.

## A. Referencias Bibliográficas

- Abanto Castillo, F. (2017). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- American Concrete Institute – ACI (2021) *Shrinkage – Compensating Concrete Guide*. ACI PRC-223 – 21.
- American Concrete Institute – ACI (2019) *Building Code Requirements for Structural Concrete*. ACI 318 – 19.
- American Concrete Institute – ACI (2016) *Guide to External Curing of Concrete*. ACI 308R – 16.
- American Concrete Institute – ACI (2015) *Guide to Concrete Floor and Slab Construction*. ACI PRC-302.1 – 15.
- American Society for Testing and Materials – ASTM International (2020) *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. ASTM C143/C143M – 20.
- Ayunque Gómez, E. (2019). *Propiedades del Concreto en Estado Fresco y Endurecido Utilizando Cementos Comerciales en la Ciudad de Huancavelica*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Contreras Usedo, S., y Velazco Chávez, C. (2018). *Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín Arequipa.
- Figuroa Fagandini, M. (2007). *Uso de un Sistema de Curado Intermedio en Hormigón Fresco*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021) *Informe Técnico. Avance Coyuntural de la Actividad Económica*. Perú.

- Jacobo Alcántara, A. (2019). *Influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Mehta, P. Kumar, y Monteiro, P. (2014) *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. 4th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Neville, A. y Brooks, J. (2010) *Concrete Technology*. 2nd ed. Pearson Education Limited,
- NTP 339.033. (2015). *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima, Lima: 4ª Edición.
- NTP 339.034. (2021). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Método de ensayo. Lima, Lima: 5ª Edición.
- NTP 339.047. (2014). *CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados (Concretos)*. Lima: 3ra Edición.
- NTP 400.017. (2011). *AGREGADOS. Método de ensayo Normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados* . Lima: 3 ed.
- Porrero S, J; Ramos R, C; Grases G, J; Velazco, GJ. (2014) *Manual del Concreto Estructural*. 3ed. Caracas, VE. Sidetur. 503p.
- Rivva López, E. (2014) *Concreto. Tomo 1. Materiales para el Concreto*. 3ed. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia. Fondo Editorial ICG.
- Rodríguez Torres, S. D. (2017). *Evaluación de los efectos del curado interno en el concreto*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Santillán Requielme, M. (2019). *Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto  $f'c:280\text{kg/cm}^2$  con aditivo chema 3 utilizando cemento Pacasmayo tipo I y cemento Inka Ultra Resistente Tipo I Co. (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Surahyo, A. (2019). *Physical Properties of Concrete*. En: Concrete Construction. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-10510-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-10510-5_3)

Tejada Arias, L. (2016). *Efectividad Del Curado Interno Del Cconcreto Mediante la Saturación del Agregado Grueso en Comparación a Otros Tipos de Curado*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

Zorrilla Rodríguez, C. (2018). *Estudio de la Influencia del Curado Acelerado del Concreto para un  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$* . Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

## B. Anexos

### Anexo 01: Propiedades físicas de los agregados

#### 1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO.

##### ❖ *Cálculo del peso específico del agua*

**Tabla 18**

*Peso específico del agua para el agregado fino.*

Peso de la fiola en (g) =	<b>192.01</b>
Peso de la fiola en (g) =	<b>690.2</b>
Volumen de la fiola (cm <sup>3</sup> ) =	<b>500</b>
<b>Peso específico (g/cm<sup>3</sup>) =</b>	<b>0.99638</b>
<b>Peso específico en (Kg/m<sup>3</sup>) =</b>	<b>996.38</b>

##### ❖ *Cálculo del factor f*

**Tabla 19**

*Factor f para el agregado fino.*

Peso del Molde (g) =	<b>1995</b>
Peso del Molde + Agua (g) =	<b>4867</b>
Peso Agua (Kg) =	<b>2.872</b>
<b>f (1/m<sup>3</sup>) =</b>	<b>346.93</b>

### 1.1 . Peso unitario suelto del agregado fino.

**Tabla 20**

*Peso unitario suelto del agregado fino.*

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>Promedio</b>
Peso del recipiente	g	1995.00	1995.00	1995.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	6598.00	6628.00	6662.00	
Peso de la muestra suelta	g	4603.00	4633.00	4667.00	
Factor (f)		346.929	346.929	346.929	
<b>Peso Unitario Suelto</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.597</b>	<b>1.607</b>	<b>1.619</b>	<b>1.608</b>
<b>Peso Unitario Suelto</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1596.91</b>	<b>1607.32</b>	<b>1619.12</b>	<b>1608</b>

### 1.2 . Peso unitario compactado del agregado fino.

**Tabla 21**

*Peso unitario compactado del agregado fino.*

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>Promedio</b>
Peso del recipiente	g	1995.00	1995.00	1995.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	7004.00	6995.00	6985.00	
Peso de la muestra suelta	g	5009.00	5000.00	4990.00	
Factor (f)	1/m <sup>3</sup>	346.929	346.929	346.929	
<b>Peso Unitario Compactado</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.738</b>	<b>1.735</b>	<b>1.731</b>	<b>1.735</b>
<b>Peso Unitario Compactado</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1737.77</b>	<b>1734.64</b>	<b>1731.18</b>	<b>1735</b>

### 1.3 . Peso específico del agregado fino.

**Tabla 22**

*Peso específico del agregado fino.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	192.0	192.0	192.0	
Peso de la fiola +agua hasta menizco	g	690.2	690.2	690.2	
peso de la fiola +agua + muestra	g	1003.7	1003.5	1003.9	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	493.85	494.15	494.50	
volumen de agua añadida al frasco (g)	g	311.69	311.49	311.89	
<b>Peso Específico de Masa</b>	<b>g/m<sup>3</sup></b>	<b>2.623</b>	<b>2.621</b>	<b>2.629</b>	<b>2.620</b>
<b>Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco</b>	<b>g/m<sup>3</sup></b>	<b>2.655</b>	<b>2.652</b>	<b>2.658</b>	<b>2.660</b>
<b>Peso Específico de Aparente</b>	<b>g/m<sup>3</sup></b>	<b>2.711</b>	<b>2.705</b>	<b>2.708</b>	<b>2.710</b>

### 1.4 . Absorción del agregado fino

**Tabla 23**

*Absorción del agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	493.85	494.10	493.95	
<b>Absorción (%)</b>	<b>%</b>	<b>1.245</b>	<b>1.194</b>	<b>1.225</b>	<b>1.200</b>

### 1.5 . Contenido de humedad del agregado fino

**Tabla 24**

*Contenido de humedad del agregado fino.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	358.00	359.00	357.00	
Peso del Recipiente + muestra Húmeda	g	1459.00	1578.00	1526.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1405.00	1515.00	1468.00	
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>W %</b>	<b>5.16</b>	<b>5.45</b>	<b>5.22</b>	<b>5.28</b>

### 1.6 . Partículas < N° 200 para el Agregado fino

**Tabla 25**

*Partículas < N° 200 para el agregado fino.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	488.50	489.60	488.70	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	11.50	10.40	11.30	
<b>Material que Pasa el Tamiz N° 200</b>	<b>%</b>	<b>2.30%</b>	<b>2.08%</b>	<b>2.26%</b>	<b>2.20%</b>

### 1.7 . Análisis granulométrico del agregado fino

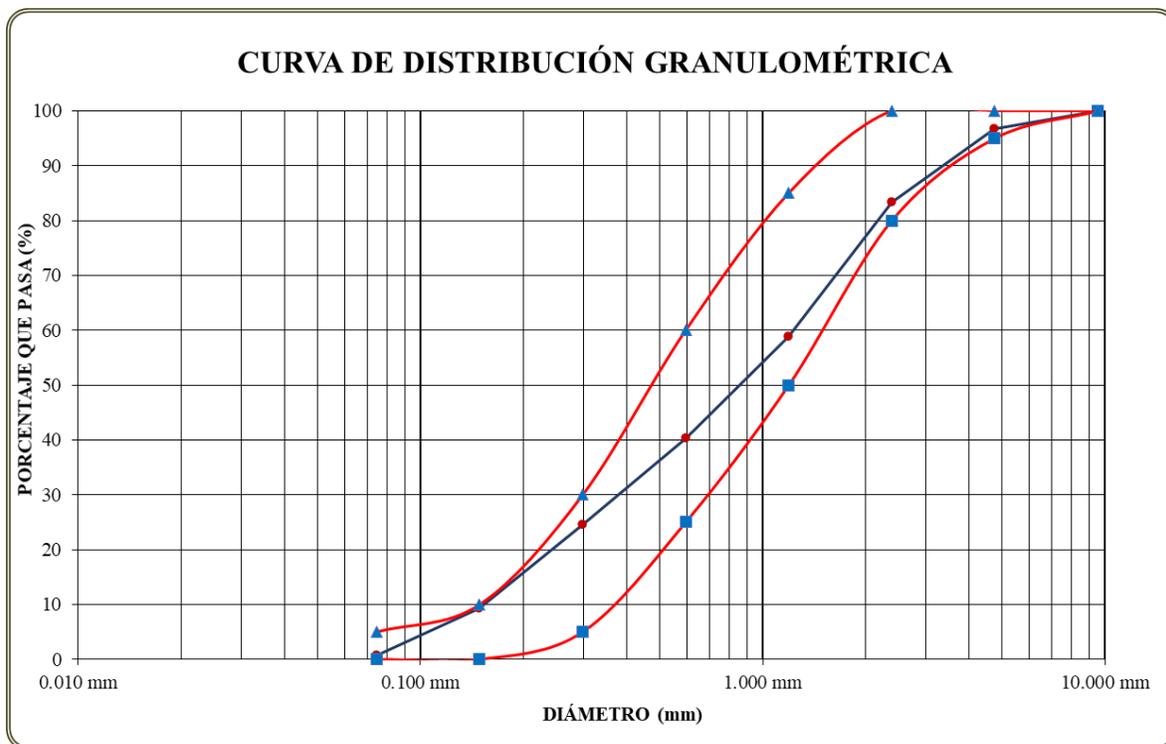
**Tabla 26**

*Análisis granulométrico del agregado fino*

Peso Seco Inicial =		1500				LÍMITES SEGÚN NORMA NTP 400.037	
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) =		12					
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa	Límite Mínimo	Límite máximo
3/8	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N°4	4.75	48.00	3.20	3.20	96.80	95.00	100.00
N°8	3.36	201.00	13.40	16.60	83.40	80.00	100.00
N 16	1.18	365.00	24.33	40.93	59.07	50.00	85.00
N 30	0.60	284.00	18.93	59.87	40.13	25.00	60.00
N 50	0.30	235.00	15.67	75.53	24.47	5.00	30.00
N 100	0.15	228.00	15.20	90.73	9.27	0.00	10.00
N 200	0.08	127.00	8.47	99.20	0.80	0.00	5.00
Cazoleta	--	12.00	0.80	100.00	0.00		
TOTAL		1500.00					
<b>MÓDULO DE FINURA =</b>		<b>2.949</b>					

**Figura 4**

*Curva granulométrica de agregado fino*



## 2. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO GRUESO.

### ❖ *Cálculo del peso específico del agua*

**Tabla 27**

*Peso específico del agua para el agregado grueso.*

Peso de la fiola en (g) =	192.01
Peso de la fiola +agua (g) =	690.2
Volumen de la fiola (cm <sup>3</sup> ) =	500.00
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) =	0.99638
Peso específico en (Kg/m <sup>3</sup> ) =	996.38

❖ *Cálculo del factor f*

**Tabla 28**

*Factor f para el agregado grueso.*

Peso del Molde (g) =	4222.00
Peso del Molde + Agua (g) =	13772.00
Peso Agua (Kg) =	9.5500
f (1/m <sup>3</sup> ) =	104.333

**2.1 . Peso unitario suelto del agregado grueso.**

**Tabla 29**

*Peso unitario suelto del agregado grueso.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4222.00	4222.00	4222.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	17333.00	17471.00	17243.00	
Peso de la muestra suelta	g	13111.00	13249.00	13021.00	
Factor (f)	1/m <sup>3</sup>	104.333	104.333	104.333	
<b>Peso Unitario Suelto</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.368</b>	<b>1.382</b>	<b>1.359</b>	<b>1.370</b>
<b>Peso Unitario Suelto</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1368</b>	<b>1382</b>	<b>1359</b>	<b>1370</b>

**2.2 . Peso unitario compactado del agregado grueso.**

**Tabla 30**

*Peso unitario compactado del agregado grueso.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4222.00	4222.00	4222.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	18621.00	18679.00	18651.00	
Peso de la muestra suelta	g	14399.00	14457.00	14429.00	
Factor (f)		104.333	104.333	104.333	
<b>Peso Unitario Compactado</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.502</b>	<b>1.508</b>	<b>1.505</b>	<b>1.505</b>
<b>Peso Unitario Compactado</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1502.29</b>	<b>1508.34</b>	<b>1505.42</b>	<b>1505</b>

### 2.3 . Peso específico del agregado grueso.

**Tabla 31**

*Peso específico del agregado grueso*

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>Promedio</b>
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	2742.7	2743.2	2742.5	
Peso de canastilla sumergida	g	875.0	875.0	875.0	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	3000.0	3000.0	3000.0	
Peso de la muestra secada al horno	g	2966.80	2966.30	2966.70	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1867.70	1868.20	1867.50	
<b>Peso Específico de Masa</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.622</b>	<b>2.622</b>	<b>2.622</b>	<b>2.620</b>
<b>Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.651</b>	<b>2.651</b>	<b>2.652</b>	<b>2.650</b>
<b>Peso Específico de Aparente</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.700</b>	<b>2.701</b>	<b>2.703</b>	<b>2.700</b>

### 2.4 Absorción del agregado grueso

**Tabla 32**

*Absorción del agregado grueso.*

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>Promedio</b>
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2966.80	2966.30	2966.70	
<b>Absorción (%)</b>	<b>%</b>	<b>1.119</b>	<b>1.136</b>	<b>1.122</b>	<b>1.100</b>

### 2.5 . Contenido de humedad del agregado grueso.

**Tabla 33**

*Contenido de humedad del agregado grueso*

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>Promedio</b>
Peso del Recipiente	g	358.00	357.00	360.00	
Peso del Recipiente + muestra Húmeda	g	1436.00	1636.00	1588.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1432.00	1631.00	1583.00	
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>W %</b>	<b>0.37</b>	<b>0.39</b>	<b>0.41</b>	<b>0.39</b>

## 2.6 . Partículas < N° 200 para el agregado grueso

**Tabla 34**

*Partículas < N° 200 para el Agregado grueso*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	g	2993.10	2993.30	2993.50	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	6.90	6.70	6.50	
<b>% de Material que Pasa el Tamiz N° 200</b>	<b>%</b>	<b>0.23%</b>	<b>0.22%</b>	<b>0.22%</b>	<b>0.20%</b>

## 2.7 . Análisis granulométrico del agregado grueso

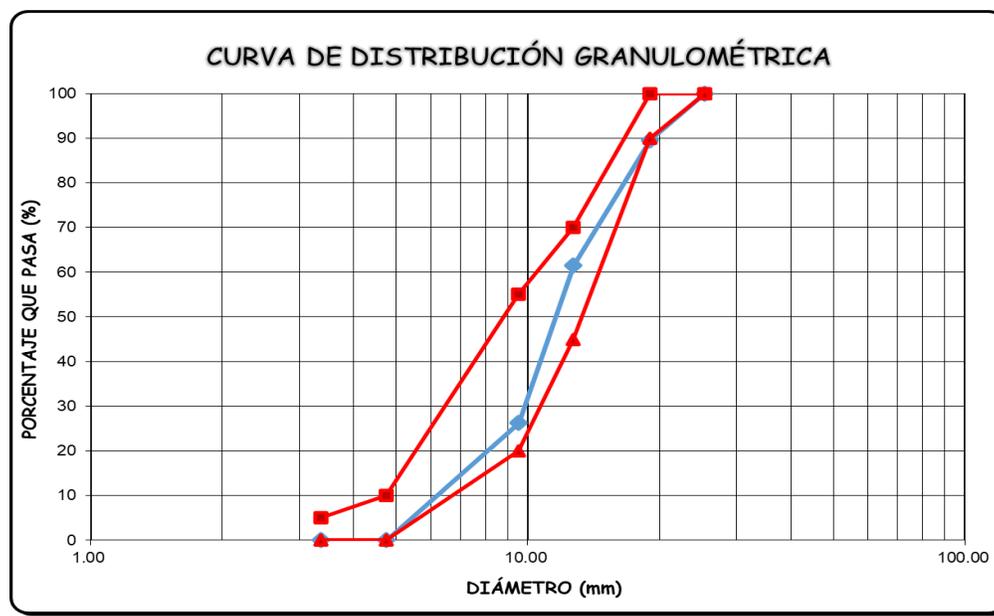
**Tabla 35**

*Análisis granulométrico del Agregado grueso*

Tamiz		Peso	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje	Límite	Límite
N°	Abertura (mm)	Retenido Parcial	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Que Pasa	Mínimo	máximo
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05	785.00	10.47	10.47	89.53	90.00	100.00
1/2"	12.70	2103.00	28.04	38.51	61.49	45.00	70.00
3/8"	9.53	2645.00	35.27	73.77	26.23	20.00	55.00
N°4	4.75	1965.00	26.20	99.97	0.03	0.00	10.00
N°8	3.36	0.00	0.00	99.97	0.03	0.00	5.00
Cazoleta	--	2	0.03	100	0		
TOTAL		7500					
<b>MÓDULO DE FINURA =</b>					<b>6.841</b>		

**Figura 5**

*Curva granulométrica de agregado grueso*



**2.8 . Resistencia a la abrasión del agregado grueso.**

**Tabla 36**

*Resistencia a la abrasión del Agregado grueso.*

Gradación	Equipo Mecánico	Nº de Esferas	Velocidad (rev./mim)	Nº de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)	
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500	3/4"	5000	
				<b>Nº DE ENSAYOS</b>	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000	
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3602	3615	3622	
% Desg. =(( Pi -Pf ) / Pi ) x 100				27.96	27.7	27.56	
<b>Abrasión % Desgaste Promedio</b>					<b>28</b>		

## Anexo 02: Diseño de mezcla.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO				
Tesis	: "Comparación de la resistencia a la compresión del concreto de $f'c$ 210kg/cm2 sometido a diferentes tipos de curados"			
Tesista	: Elquin Eduardo Tarrillo Vigil.			
Asesor	: Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.			
Fecha	: 29 de Abril 2022			
CEMENTO :	PORTLAND PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C - 150	PESO ESPECIFICO =	3.08 g/cm3	
PROCEDENCIA DE AGREGADOS :			$F'c$ =	210 Kg/cm2
AGREG. FINO	: Río Chonta - Tar Tar Chico.		$F'cr$ =	210 Kg/cm2
AGREG. GRUESO	: Río Chonta - Tar Tar Chico.			
CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS				
		AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4"	
PESO ESPECIFICO DE MASA		2.62 g/cm3	2.620 g/cm3	
PESO ESPECIFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO		2.66 g/cm3	2.650 g/cm3	
PESO ESPECIFICO APARENTE		2.71 g/cm3	2.700 g/cm3	
PESO UNITARIO SUELTO		1607.78 Kg/m3	1370 Kg/m3	
PESO UNITARIO COMPACTADO		1734.5292 Kg/m3	1505 Kg/m3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		5.27598072	0.391	
ABSORCION (%)		1.2	1.100	
MODULO DE FINURA		2.949	6.841	
ABRASION (%)		...	28.00	
% QUE PASA MALLA Nº 200		2.2	0.20	
PROCEDIMIENTO				
ASENTAMIENTO =		3" - 4"	VACIOS =	42.544
CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =		205.0 Lt/m3	VACIOS POR CORREGIR =	7.544
AIRE TOTAL (%) =		2.0	FCORR. MC=	0.151
RELACION A/Mc =		0.684		
CEMENTO =	299.71 Kg/m3			
METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :		MODULO DE COMBINACION :		5.044
CEMENTO =	0.097308 m3	MODULO DE COMBINACION :		4.893
AGUA DE MEZCLADO =	0.205 m3	% AGREGADO FINO =		50.04
AIRE (%) =	0.02 m3	% AGREGADO GRUESO =		49.96
SUMA =	0.322308 m3			
VOLUMEN DE AGREGADOS =	0.677692 m3		APORTE HUMEDAD AGREGADOS	
			APORTE AF =	36.24
AGREGADO FINO SECO =	889.00 Kg/m3		APORTE AG =	-6.29
AGREGADO GRUESO SECO =	887.00 Kg/m3		TOTAL =	29.95
MATERIALES DE DISEÑO		MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD		
CEMENTO	299.7 Kg	CEMENTO	299.7 Kg	
AGUA DE DISEÑO	205.0 Lt	AGUA EFECTIVA	175.1 Lt	
AGREGADO FINO SECO	889.00 Kg	AGREGADO FINO HUMEDO	936.00 Kg	
AGREGADO GRUESO SECO	887.00 Kg	AGREGADO GRUESO HUMEDO	890.00 Kg	
AIRE TOTAL	2.00 %	AIRE TOTAL	2.00 %	
PROPORCION EN PESO	1	3.12	2.97	24.8
PROPORCION EN VOLUMEN	1	2.770	3.240	24.800

**Anexo 03: Peso unitario del concreto.**

**1. Peso unitario del concreto en estado fresco**

**Tabla 37**

*Peso Unitario del concreto en estado fresco para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

	PESO ESPECÍFICO DEL AGUA (KG / M <sup>3</sup> )	PESO MOLDE + AGUA (KG)	PESO MOLDE (KG)	PESO DE AGUA EN EL MOLDE (KG)	PESO MOLDE + CONCRETO (KG)	PESO CONCRETO (KG)	PESO UNITARIO (KG/M <sup>3</sup> )
M-1 C1-1	996.38	13.772	4.222	9.55	26.588	22.366	2341.9895
M-2 C1-2	996.38	13.772	4.222	9.55	26.544	22.322	2337.3822
M-3 C1-3	996.38	13.772	4.222	9.55	26.624	22.402	2345.7592
M-4 C2-1	996.38	13.772	4.222	9.55	26.677	22.455	2351.3089
M-5 C2-2	996.38	13.772	4.222	9.55	26.702	22.48	2353.9267
M-6 C2-3	996.38	13.772	4.222	9.55	26.605	22.383	2343.7696
M-7C3-1	996.38	13.772	4.222	9.55	26.624	22.402	2345.7592
M-8 C3-2	996.38	13.772	4.222	9.55	26.651	22.429	2348.5864
M-9 C3-3	996.38	13.772	4.222	9.55	26.704	22.482	2354.1361
M-10 C4-1	996.38	13.772	4.222	9.55	26.785	22.563	2362.6178
M-11 C4-2	996.38	13.772	4.222	9.55	26.774	22.552	2361.466
M-12 C4-3	996.38	13.772	4.222	9.55	26.526	22.304	2335.4974
						PROMEDIO	2348.5166

**2. Peso unitario del concreto en estado endurecido**

**Tabla 38**

*Peso Unitario del concreto en estado endurecido para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

<b>CONCRETO F'C=210 kg/cm<sup>2</sup> - ESTADO ENDURECIDO</b>							
MUESTRA	DIAM. (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m <sup>3</sup> )
M-1	15.18	30.10	0.005448	7.68	20.12	12.44	2283.60
M-2	15.18	30.05	0.005438	6.98	19.38	12.40	2280.04
M-3	15.13	30.12	0.005415	7.06	19.41	12.35	2280.57
M-4	15.18	30.20	0.005466	8.60	21.08	12.48	2283.35
M-5	15.20	30.10	0.005462	9.20	21.66	12.46	2281.25
M-6	15.12	30.12	0.005408	7.90	20.28	12.38	2289.13
M-7	15.19	30.18	0.005469	8.54	20.95	12.41	2269.06
M-8	15.11	30.12	0.005401	9.45	21.78	12.33	2282.91
M-9	15.15	30.16	0.005437	8.72	21.05	12.33	2267.86
M-10	15.12	30.20	0.005423	7.88	20.30	12.42	2290.45
<b>PROMEDIO</b>							<b>2280.82</b>

## Anexo 04: Resultados de los ensayos a compresión uniaxial (A.S.T.M. C 39M - 2020)

### 1. Resultados de los ensayos a compresión uniaxial mediante curado por inmersión.

**Tabla 39**

Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Inmersión (C-1) a la edad de 7 días.

“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”						
<b>TIPO DE CURADO:</b>	<b>INMERSIÓN - C 1</b>					
<b>FECHA:</b>	<b>12/05/22</b>					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	C1-1	C1-2	C1-3	C1-4	C1-5	C1-6
<b>FECHA VACIADO</b>	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
<b>FECHA ROTURA</b>	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22
<b>EDAD (días)</b>	7	7	7	7	7	7
<b>DIAMETRO (cm)</b>	15.21	15.18	15.05	15.11	15.13	15.17
<b>ALTURA (cm)</b>	30.42	30.36	30.10	30.22	30.26	30.34
<b>PESO (g)</b>	12859	12727	12859	12722	12695	12835
<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	5527.2	5494.6	5354.6	5418.9	5440.5	5483.7
<b>ESBELTEZ</b>	2	2	2	2	2	2
<b>FACTOR DE CORRECCIÓN</b>	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	3	3	5	5	6	6
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.326	2.316	2.401	2.348	2.333	2.341
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	318.2	321.51	300.12	307.86	322.3	317.1
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	32447.49	32785.02	30603.84	31393.10	32865.58	32335.32
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	181.6972	180.9812	177.895	179.316	179.791	180.743
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	210	210	210	210	210	210
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	178.58	181.15	172.03	175.07	182.80	178.90
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	85.04%	86.26%	81.92%	83.37%	87.05%	85.19%

**Tabla 40**

*Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Inmersión (C-1) a la edad de 14 días.*

<b>TESIS:</b>	“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”					
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA					
<b>TESISTA:</b>	BACH. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL					
<b>TIPO DE CURADO:</b>	INMERSIÓN - C 1					
<b>FECHA:</b>	19/05/22					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
IDENTIFICACIÓN	C1-7	C1-8	C1-9	C1-10	C1-11	C1-12
FECHA VACIADO	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
FECHA ROTURA	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22
EDAD (días)	14	14	14	14	14	14
DIAMETRO (cm)	15.19	15.06	15.24	15.20	15.21	15.12
ALTURA (cm)	30.38	30.12	30.48	30.40	30.42	30.64
PESO (g)	12714	12880	12911	12635	12655	12841
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5505.5	5365.3	5560.0	5516.3	5527.2	5501.5
ESBELTEZ	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.309</b>	<b>2.401</b>	<b>2.322</b>	<b>2.290</b>	<b>2.290</b>	<b>2.334</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	<b>370.84</b>	<b>367.77</b>	<b>398.45</b>	<b>386.3</b>	<b>388.9</b>	<b>390.38</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	<b>37815.3</b>	<b>37502.24</b>	<b>40630.74</b>	<b>39391.78</b>	<b>39656.91</b>	<b>39807.83</b>
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>181.2197</b>	<b>178.1311</b>	<b>182.415</b>	<b>181.458</b>	<b>181.697</b>	<b>179.553</b>
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>208.67</b>	<b>210.53</b>	<b>222.74</b>	<b>217.08</b>	<b>218.26</b>	<b>221.70</b>
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	<b>99.37%</b>	<b>100.25%</b>	<b>106.07%</b>	<b>103.37%</b>	<b>103.93%</b>	<b>105.57%</b>

**Tabla 41**

*Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Inmersión (C-1) a la edad de 28 días.*

<b>TESIS:</b>	“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”					
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA					
<b>TESISTA:</b>	BACH. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL					
<b>TIPO DE CURADO:</b>	INMERSIÓN - C 1					
<b>FECHA:</b>	02/06/22					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
IDENTIFICACIÓN	C1-13	C1-14	C1-15	C1-16	C1-17	C1-18
FECHA VACIADO	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
FECHA ROTURA	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22
EDAD (días)	28	28	28	28	28	28
DIAMETRO (cm)	15.17	15.17	15.13	15.14	15.21	15.20
ALTURA (cm)	30.34	30.34	30.26	30.28	30.42	30.40
PESO (g)	12690	12895	12695	12690	12830	12830
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5483.7	5483.7	5440.5	5451.3	5527.2	5516.3
ESBELTEZ	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.314</b>	<b>2.351</b>	<b>2.333</b>	<b>2.328</b>	<b>2.321</b>	<b>2.326</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	<b>469.26</b>	<b>469.47</b>	<b>474.57</b>	<b>487.58</b>	<b>467.05</b>	<b>454.86</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	<b>47851.38</b>	<b>47872.79</b>	<b>48392.85</b>	<b>49719.51</b>	<b>47626.02</b>	<b>46382.98</b>
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>180.7428</b>	<b>180.7428</b>	<b>179.791</b>	<b>180.029</b>	<b>181.697</b>	<b>181.458</b>
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>264.75</b>	<b>264.87</b>	<b>269.16</b>	<b>276.18</b>	<b>262.12</b>	<b>255.61</b>
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	<b>126.07%</b>	<b>126.13%</b>	<b>128.17%</b>	<b>131.51%</b>	<b>124.82%</b>	<b>121.72%</b>

**2. Resultados de los ensayos a compresión uniaxial mediante curado por rociado.**

**Tabla 42**

*Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Rociado (C-2) a la edad de 7 días.*

<b>TESIS:</b>	“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”					
<b>TESISTA:</b>	BACH. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL					
<b>TIPO DE CURADO:</b>	ROCIADO - C 2					
<b>FECHA:</b>	12/05/2022					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
IDENTIFICACIÓN	C2-1	C2-2	C2-3	C2-4	C2-5	C2-6
FECHA VACIADO	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
FECHA ROTURA	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22
EDAD (días)	7	7	7	7	7	7
DIAMETRO (cm)	15.21	15.18	15.05	15.14	15.21	15.14
ALTURA (cm)	30.42	30.36	30.10	30.28	30.42	30.28
PESO (g)	12574	12556	12651	12722	12695	12835
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5527.2	5494.6	5354.6	5451.3	5527.2	5451.3
ESBELTEZ	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.275</b>	<b>2.285</b>	<b>2.363</b>	<b>2.334</b>	<b>2.297</b>	<b>2.354</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	<b>268.41</b>	<b>258.99</b>	<b>257.57</b>	<b>286.32</b>	<b>267.14</b>	<b>258.74</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	<b>27370.3</b>	<b>26409.73</b>	<b>26264.93</b>	<b>29196.62</b>	<b>27240.80</b>	<b>26384.24</b>
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>181.6972</b>	<b>180.9812</b>	<b>177.895</b>	<b>180.029</b>	<b>181.697</b>	<b>180.029</b>
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>150.64</b>	<b>145.93</b>	<b>147.64</b>	<b>162.18</b>	<b>149.92</b>	<b>146.56</b>
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	<b>71.73%</b>	<b>69.49%</b>	<b>70.31%</b>	<b>77.23%</b>	<b>71.39%</b>	<b>69.79%</b>

**Tabla 43**

Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Rociado (C-2) a la edad de 14 días.

“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”						
<b>TESIS:</b>	BACH. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL					
<b>TESISTA:</b>	BACH. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL					
<b>TIPO DE CURADO:</b>	ROCIADO - C 2					
<b>FECHA:</b>	19/05/2022					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
IDENTIFICACIÓN	C2-7	C2-8	C2-9	C2-10	C2-11	C2-12
FECHA VACIADO	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
FECHA ROTURA	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22
EDAD (días)	14	14	14	14	14	14
DIAMETRO (cm)	15.07	15.21	15.22	15.11	15.21	15.20
ALTURA (cm)	30.14	30.42	30.44	30.22	30.42	30.40
PESO (g)	12655	12698	12765	12732	12634	12771
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5376.0	5527.2	5538.1	5418.9	5527.2	5516.3
ESBELTEZ	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.354</b>	<b>2.297</b>	<b>2.305</b>	<b>2.350</b>	<b>2.286</b>	<b>2.315</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	<b>341.61</b>	<b>340.27</b>	<b>349.67</b>	<b>340.52</b>	<b>350.24</b>	<b>340.21</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	<b>34834.65</b>	<b>34698.01</b>	<b>35656.55</b>	<b>34723.51</b>	<b>35714.67</b>	<b>34691.89</b>
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>178.3678</b>	<b>181.6972</b>	<b>181.936</b>	<b>179.316</b>	<b>181.697</b>	<b>181.458</b>
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>195.30</b>	<b>190.97</b>	<b>195.98</b>	<b>193.64</b>	<b>196.56</b>	<b>191.18</b>
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	<b>93.00%</b>	<b>90.94%</b>	<b>93.33%</b>	<b>92.21%</b>	<b>93.60%</b>	<b>91.04%</b>

**Tabla 44**

*Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Rociado (C-2) a la edad de 28 días.*

<b>TESIS:</b>	“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”					
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA					
<b>TESISTA:</b>	BACH. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL					
<b>TIPO DE CURADO:</b>	ROCIADO - C 2					
<b>FECHA:</b>	2/06/2022					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
IDENTIFICACIÓN	C2-13	C2-14	C2-15	C2-16	C2-17	C2-18
FECHA VACIADO	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
FECHA ROTURA	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22
EDAD (días)	28	28	28	28	28	28
DIAMETRO (cm)	15.17	15.13	15.10	15.11	15.14	15.08
ALTURA (cm)	30.34	30.26	30.20	30.22	30.28	30.16
PESO (g)	12805	12695	12655	12595	12695	12795
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5483.7	5440.5	5408.2	5418.9	5451.3	5386.7
ESBELTEZ	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.335</b>	<b>2.333</b>	<b>2.340</b>	<b>2.324</b>	<b>2.329</b>	<b>2.375</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	<b>418.4</b>	<b>407.03</b>	<b>399.64</b>	<b>409.31</b>	<b>412.24</b>	<b>413.33</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	<b>42665.08</b>	<b>41505.66</b>	<b>40752.09</b>	<b>41738.16</b>	<b>42036.94</b>	<b>42148.09</b>
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>180.7428</b>	<b>179.7909</b>	<b>179.079</b>	<b>179.316</b>	<b>180.029</b>	<b>178.605</b>
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>236.05</b>	<b>230.86</b>	<b>227.57</b>	<b>232.76</b>	<b>233.50</b>	<b>235.99</b>
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	<b>112.41%</b>	<b>109.93%</b>	<b>108.36%</b>	<b>110.84%</b>	<b>111.19%</b>	<b>112.37%</b>

### 3. Resultados de los ensayos a compresión uniaxial mediante curado por cubiertas

*húmedas (c-3).*

**Tabla 45**

*Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Cubiertas*

*Húmedas (C-3) a la edad de 7 días.*

“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”						
<b>TESIS:</b>						
<b>TIPO DE CURADO:</b>	CUBIERTAS HÚMEDAS - C3					
<b>FECHA:</b>	12/05/2022					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	C3-1	C3-2	C3-3	C3-4	C3-5	C3-6
<b>FECHA VACIADO</b>	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
<b>FECHA ROTURA</b>	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22
<b>EDAD (días)</b>	7	7	7	7	7	7
<b>DIAMETRO (cm)</b>	15.18	15.25	15.24	15.26	15.25	15.15
<b>ALTURA (cm)</b>	30.36	30.36	30.10	30.52	30.50	30.30
<b>PESO (g)</b>	12989	12905	12905	12978	12956	12689
<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	5494.6	5545.4	5490.7	5581.9	5571.0	5462.1
<b>ESBELTEZ</b>	2	2	2	2	2	2
<b>FACTOR DE CORRECCIÓN</b>	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	5	5	5	5	3	3
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2.364	2.327	2.350	2.325	2.326	2.323
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	304.46	303.43	294.45	308.52	311.67	300.12
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	31046.4	30941.36	30025.66	31460.40	31781.61	30603.84
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	180.9812	182.6542	182.415	182.894	182.654	180.267
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	210	210	210	210	210	210
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	171.54	169.40	164.60	172.01	174.00	169.77
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	81.69%	80.67%	78.38%	81.91%	82.86%	80.84%

**Tabla 46**

*Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Cubiertas*

*Húmedas (C-3) a la edad de 14 días.*

<b>TESIS:</b>	“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”					
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA					
<b>TESISTA:</b>	BACH. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL					
<b>TIPO DE CURADO:</b>	CUBIERTAS HÚMEDAS - C3					
<b>FECHA:</b>	19/05/2022					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
IDENTIFICACIÓN	C3-7	C3-8	C3-9	C3-10	C3-11	C3-12
FECHA VACIADO	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
FECHA ROTURA	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22
EDAD (días)	14	14	14	14	14	14
DIAMETRO (cm)	15.24	15.10	15.20	15.25	15.20	15.15
ALTURA (cm)	30.48	30.36	30.10	30.50	30.40	30.30
PESO (g)	12955	12918	12918	12880	12651	12748
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5560.0	5436.8	5461.9	5571.0	5516.3	5462.1
ESBELTEZ	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.330</b>	<b>2.376</b>	<b>2.365</b>	<b>2.312</b>	<b>2.293</b>	<b>2.334</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	<b>375.27</b>	<b>355.27</b>	<b>351.91</b>	<b>364.6</b>	<b>357.11</b>	<b>359.68</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	<b>38267.03</b>	<b>36227.59</b>	<b>35884.97</b>	<b>37178.99</b>	<b>36415.22</b>	<b>36677.29</b>
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>182.4147</b>	<b>179.0786</b>	<b>181.458</b>	<b>182.654</b>	<b>181.458</b>	<b>180.267</b>
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>209.78</b>	<b>202.30</b>	<b>197.76</b>	<b>203.55</b>	<b>200.68</b>	<b>203.46</b>
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	<b>99.90%</b>	<b>96.33%</b>	<b>94.17%</b>	<b>96.93%</b>	<b>95.56%</b>	<b>96.89%</b>

**Tabla 47**

*Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Cubiertas*

*Húmedas (C-3) a la edad de 28 días.*

<b>TESIS:</b>	“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”					
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA					
<b>TESISTA:</b>	BACH. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL					
<b>TIPO DE CURADO:</b>	CUBIERTAS HÚMEDAS - C3					
<b>FECHA:</b>	2/06/2022					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
IDENTIFICACIÓN	C3-7	C3-8	C3-9	C3-10	C3-11	C3-12
FECHA VACIADO	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
FECHA ROTURA	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22
EDAD (días)	28	28	28	28	28	28
DIAMETRO (cm)	15.23	15.11	15.21	15.15	15.11	15.12
ALTURA (cm)	30.46	30.36	30.10	30.30	30.22	30.24
PESO (g)	12810	12830	12830	12855	12820	12770
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5549.1	5444.0	5469.1	5462.1	5418.9	5429.7
ESBELTEZ	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1
TIPO DE FALLA	5	5	5	2	5	5
PESO ESPECÍFICO (g/cm <sup>3</sup> )	2.308	2.357	2.346	2.354	2.366	2.352
CARGA MÁXIMA (kN)	459.63	440.08	443.14	441.1	435.63	430.64
CARGA MÁXIMA (kg)	46869.39	44875.84	45187.87	44979.85	44422.06	43913.22
SECCIÓN TRASVERSAL (cm <sup>2</sup> )	182.1754	179.3159	181.697	180.267	179.316	179.553
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	210	210	210	210	210	210
RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	257.28	250.26	248.70	249.52	247.73	244.57
PORCENTAJE OBTENIDO (%)	122.51%	119.17%	118.43%	118.82%	117.97%	116.46%

**4. Resultados de los ensayos a compresión uniaxial mediante curado por aditivo formador de membrana.**

**Tabla 48**

*Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Aditivo Formador de Membrana (C-4) a la edad de 7 días.*

“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”						
<b>TESIS:</b>						
<b>TIPO DE CURADO:</b>	ADITIVO FORMADOR DE MEMBRANA - C4					
<b>FECHA:</b>	12/05/2022					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
IDENTIFICACIÓN	C4-1	C4-2	C4-3	C4-4	C4-5	C4-6
FECHA VACIADO	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
FECHA ROTURA	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22	12/05/22
EDAD (días)	7	7	7	7	7	7
DIAMETRO (cm)	15.21	15.22	15.16	15.24	15.14	15.12
ALTURA (cm)	30.42	30.36	30.10	30.48	30.28	30.24
PESO (g)	12535	12726	12726	12670	12695	12811
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5527.2	5523.6	5433.2	5560.0	5451.3	5429.7
ESBELTEZ	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.268</b>	<b>2.304</b>	<b>2.342</b>	<b>2.279</b>	<b>2.329</b>	<b>2.359</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	<b>283.55</b>	<b>270.65</b>	<b>265.31</b>	<b>288.78</b>	<b>274.42</b>	<b>288.52</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	<b>28914.16</b>	<b>27598.72</b>	<b>27054.19</b>	<b>29447.47</b>	<b>27983.16</b>	<b>29420.96</b>
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>181.6972</b>	<b>181.9362</b>	<b>180.505</b>	<b>182.415</b>	<b>180.029</b>	<b>179.553</b>
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>159.13</b>	<b>151.69</b>	<b>149.88</b>	<b>161.43</b>	<b>155.44</b>	<b>163.86</b>
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	<b>75.78%</b>	<b>72.24%</b>	<b>71.37%</b>	<b>76.87%</b>	<b>74.02%</b>	<b>78.03%</b>

**Tabla 49**

*Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Aditivo Formador de Membrana (C-4) a la edad de 14 días.*

<b>TESIS:</b>	“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”					
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA					
<b>TESISTA:</b>	BACH. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL					
<b>TIPO DE CURADO:</b>	ADITIVO FORMADOR DE MEMBRANA - C4					
<b>FECHA:</b>	19/05/2022					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
IDENTIFICACIÓN	C4-7	C4-8	C4-9	C4-10	C4-11	C4-12
FECHA VACIADO	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
FECHA ROTURA	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22	19/05/22
EDAD (días)	14	14	14	14	14	14
DIAMETRO (cm)	15.22	15.12	15.18	15.16	15.11	15.14
ALTURA (cm)	30.44	30.36	30.10	30.32	30.22	30.28
PESO (g)	12602	12524	12524	12678	12744	12785
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5538.1	5451.2	5447.5	5472.9	5418.9	5451.3
ESBELTEZ	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.275</b>	<b>2.297</b>	<b>2.299</b>	<b>2.317</b>	<b>2.352</b>	<b>2.345</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	<b>331.19</b>	<b>328.72</b>	<b>339.19</b>	<b>333.63</b>	<b>328.59</b>	<b>333.11</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	<b>33772.11</b>	<b>33520.24</b>	<b>34587.88</b>	<b>34020.92</b>	<b>33506.98</b>	<b>33967.89</b>
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>181.9362</b>	<b>179.5533</b>	<b>180.981</b>	<b>180.505</b>	<b>179.316</b>	<b>180.029</b>
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>185.63</b>	<b>186.69</b>	<b>191.11</b>	<b>188.48</b>	<b>186.86</b>	<b>188.68</b>
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	<b>88.39%</b>	<b>88.90%</b>	<b>91.01%</b>	<b>89.75%</b>	<b>88.98%</b>	<b>89.85%</b>

**Tabla 50**

*Resultados de los ensayos a Compresión Uniaxial mediante curado por Aditivo Formador de Membrana (C-4) a la edad de 28 días.*

<b>TESIS:</b>	“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F´C 210 kg/cm <sup>2</sup> SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS.”					
<b>UBICACIÓN:</b>	DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, REGIÓN CAJAMARCA					
<b>TESISTA:</b>	BACH. ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL					
<b>TIPO DE CURADO:</b>	ADITIVO FORMADOR DE MEMBRANA - C4					
<b>FECHA:</b>	2/06/2022					
<b>N.º DE TESTIGO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
IDENTIFICACIÓN	C4-8	C4-9	C4-10	C4-11	C4-12	C4-13
FECHA VACIADO	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22	05/05/22
FECHA ROTURA	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22	02/06/22
EDAD (días)	28	28	28	28	28	28
DIAMETRO (cm)	15.16	15.12	15.10	15.21	15.20	15.20
ALTURA (cm)	30.32	30.36	30.10	30.42	30.40	30.40
PESO (g)	12705	12695	12695	12615	12580	12560
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	5472.9	5451.2	5390.3	5527.2	5516.3	5516.3
ESBELTEZ	2	2	2	2	2	2
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1
<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>PESO ESPECÍFICO (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.321</b>	<b>2.329</b>	<b>2.355</b>	<b>2.282</b>	<b>2.280</b>	<b>2.277</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kN)</b>	<b>393.75</b>	<b>409.27</b>	<b>408.95</b>	<b>385.16</b>	<b>378.58</b>	<b>389.69</b>
<b>CARGA MÁXIMA (kg)</b>	<b>40151.48</b>	<b>41734.08</b>	<b>41701.45</b>	<b>39275.54</b>	<b>38604.56</b>	<b>39737.47</b>
<b>SECCIÓN TRASVERSAL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>180.5046</b>	<b>179.5533</b>	<b>179.079</b>	<b>181.697</b>	<b>181.458</b>	<b>181.458</b>
<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>210</b>
<b>RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>222.44</b>	<b>232.43</b>	<b>232.87</b>	<b>216.16</b>	<b>212.75</b>	<b>218.99</b>
<b>PORCENTAJE OBTENIDO (%)</b>	<b>105.92%</b>	<b>110.68%</b>	<b>110.89%</b>	<b>102.93%</b>	<b>101.31%</b>	<b>104.28%</b>

## Anexo 05: Hoja técnica del cemento Portland Tipo I



Pacasmayo

Planta: Pacasmayo

**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 0000



G-CC-F-04  
Versión 04

13 de enero de 2022

**Cemento Pórtland Tipo I**  
Periodo de despacho 01 de diciembre de 2022 - 31 de diciembre de 2022

### REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

#### QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.4
SO <sub>3</sub> (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.0
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.5

#### FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	9
Superficie específica (cm <sup>2</sup> /g)	2600 mín.	3960
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.10
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	^	3.11
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	^	14.6
3 días	12.0 mín.	27.7
7 días	19.0 mín.	33.7
28 días *	28.0 mín.	42.0
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	145
Final	375 máx.	260

^ No específica

\* Requisito opcional

El (la) RC 28 días corresponde al mes de noviembre del 2022

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2020.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

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

## Anexo 06: Hoja técnica del aditivo curador.



### HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

## SikaCem® Curador

Curador químico para concreto y mortero

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem® Curador es un compuesto de curado que al ser pulverizado sobre el concreto fresco se adhiere a la superficie de éste (concreto), formando una película impermeable al agua y al aire, evitando la evaporación del agua de la mezcla y el secado prematuro del concreto por efectos del sol y/o viento.

#### USOS

- Techos
- Losas o pisos
- Vigas y/o columnas
- Veredas
- Rampas de acceso
- Canales de riego
- Carreteras
- Puentes
- Construcciones en generales de concreto

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Reducir el riesgo de fisuración por secado prematuro del agua.
  - Rapidez y facilidad de aplicación, ya que se pulveriza sobre la superficie del concreto.
  - Reduce los tiempos de curado con agua (7 días) y la mano de obra.
- Después de 3 horas de aplicado, SikaCem® Curador no es afectado por las lluvias y su efecto se mantiene durante 3 semanas mínimo.

#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Envase plástico x1gal</li><li>• Balde x 18 L</li></ul>
<b>Apariencia / Color</b>	Líquido / Incoloro
<b>Vida Útil</b>	2 años
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	SikaCem® Curador puede ser almacenado en un sitio libre de congelamiento a temperaturas sobre los +5 °C .
<b>Densidad</b>	1.11 +/- 0.01 Kg/L

Hoja De Datos Del Producto  
SikaCem® Curador  
Septiembre 2021, Versión 01.03  
021405031000000103

## INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

### Consumo

Dependiendo de las condiciones ambientales, especialmente de la velocidad del viento, el rendimiento es de 5 m<sup>2</sup> por litro de SikaCem® Curador 0,2 L/m<sup>2</sup>.

- Envase x1 gal rinde 19 m<sup>2</sup>
- Balde x18 l rinde 90 m<sup>2</sup>

### NOTAS

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

### ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

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

### INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

SikaCem® Curador se aplica sobre la superficie del concreto fresco, una vez que este haya adquirido una tonalidad opaca superficialmente, es decir, en cuanto haya evaporado el exceso de agua de mezcla, tiempo que puede estar entre media hora y tres horas después de finalizada su colocación, dependiendo del viento y la temperatura ambiente.

Se debe agitar el contenido de los envases antes de su aplicación.

Es recomendable el uso de pulverizadores (fumigadores) para su uso y rendimiento óptimo, mas SikaCem® Curador puede ser aplicado con brocha o rodillo.

### RESTRICCIONES LOCALES

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

### NOTAS LEGALES

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

Sika Perú  
Habilitación Industrial  
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6  
Lurín, Lima  
Tel. (511) 618-6060

Hoja De Datos Del Producto  
SikaCem® Curador  
Septiembre 2021, Versión 01.03  
021405031000000103

SikaCemCurador-es-PE-[09-2021]-1-3.pdf



## Anexo 07: Documentación del laboratorio.



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA  
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS  
CEL. 939291809 / TEL. 076 633319

### CONSTANCIA

El que suscribe, Sr. Leiner Guerrero Gonzales, identificado con DNI N° 45567546, Gerente General de GUERSAN INGENIEROS S.R.L. con RUC N° 20602101488 y registro INDECOPI N° 00102926.

Hace constar que, el Bachiller en Ingeniería Civil **ELQUIN EDUARDO TARRILLO VIGIL**, identificado con DNI N° 73302292, ex alumno de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado y registrado durante el periodo de marzo-junio del 2022, los ensayos necesarios para su tesis titulada “**COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE F’C 210 kg/cm2 SOMETIDO A DIFERENTES TIPOS DE CURADOS**”, con la autorización de las autoridades de dicha institución, los cuales han quedado registrados en nuestro laboratorio

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que estime por conveniente.

Cajamarca, 12 de agosto del 2022

Atentamente,

**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**  
  
\*\*\*\*\*  
**LEINER GUERRERO GONZALES**  
GERENTE GENERAL



PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

## Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00102926

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 020280-2017/DSD - INDECOPI de fecha 29 de septiembre de 2017, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación GUERSAN INGENIEROS SRL y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo adjunto
Distingue	:	Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industriales; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software
Clase	:	42 de la Clasificación Internacional.
Solicitud	:	0713930-2017
Titular	:	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.
País	:	Perú
Vigencia	:	29 de septiembre de 2027
Tomo	:	0515
Folio	:	140

RAY MELONI GARCIA  
Director  
Dirección de Signos Distintivos  
INDECOPI

**Anexo 08: Panel fotográfico.**

**Figura 6**

*Recojo de muestra para determinar las propiedades del agregado fino de la cantera “Aguilar”.*



**Figura 7**

*Recojo de muestra para determinar las propiedades del agregado grueso de la cantera “Aguilar”.*



**Figura 8**

*Ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino.*



**Figura 9**

*Ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado grueso.*



**Figura 10**

*Ensayo para determinar el peso unitario del agregado fino.*



**Figura 11**

*Ensayo para determinar el peso unitario del agregado grueso.*



**Figura 12**

*Ensayo para determinar el contenido de humedad de los agregados.*



**Figura 13**

*Ensayo del análisis granulométrico del agregado grueso.*



**Figura 14**

*Elaboración y cálculo de propiedades del concreto fresco.*



**Figura 15**

*Aditivo curador utilizado.*



**Figura 16**

*Proceso de curado por el método de inmersión.*



**Figura 17**

*Proceso de curado con aditivo.*



**Figura 18**

*Proceso de curado por el método de rociado.*



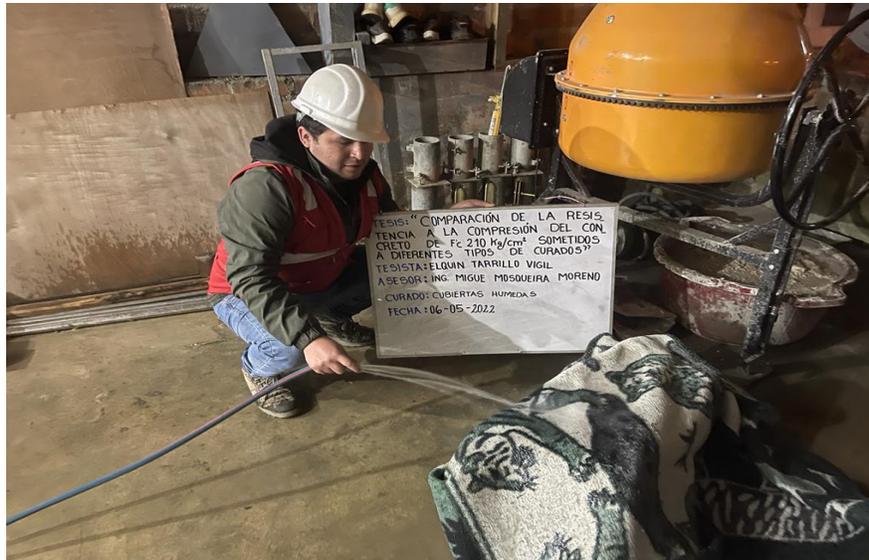
**Figura 19**

*Proceso de curado por el método de cubiertas húmedas.*



**Figura 20**

*Proceso de curado por el método de cubiertas húmedas.*



**Figura 21**

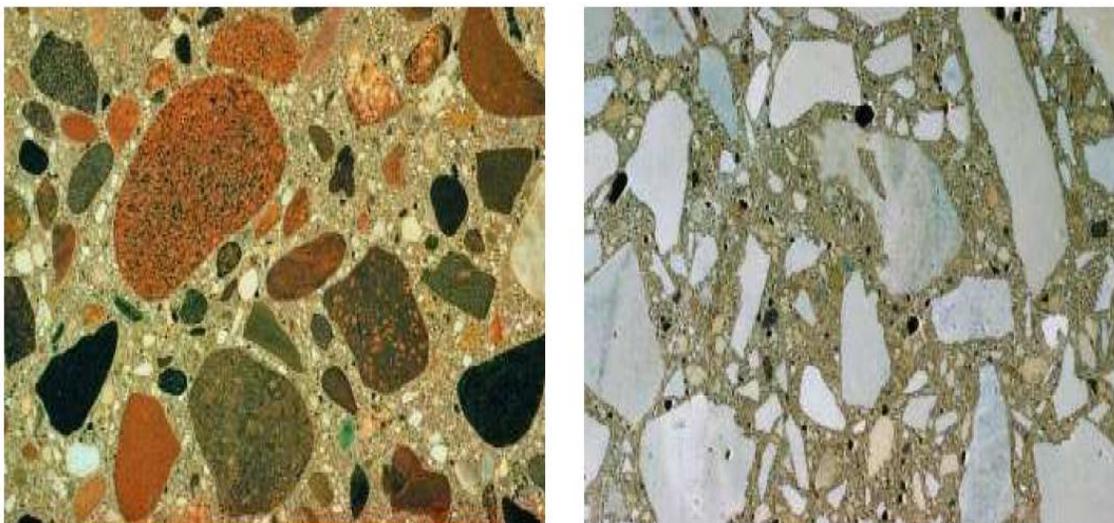
*Ensayos de compresión uniaxial.*



**Anexo 09: Figuras**

**Figura 22**

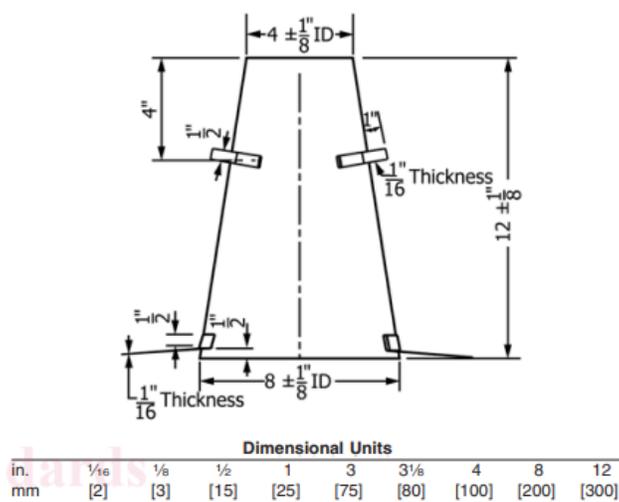
*Composición del concreto endurecido compuesto por grava arredondeada de calcáreo triturado (derecha) y silicio (izquierda).*



Fuente: Kosmatka, Kerkhoff, Panarese & Tannesi, 2004

**Figura 23**

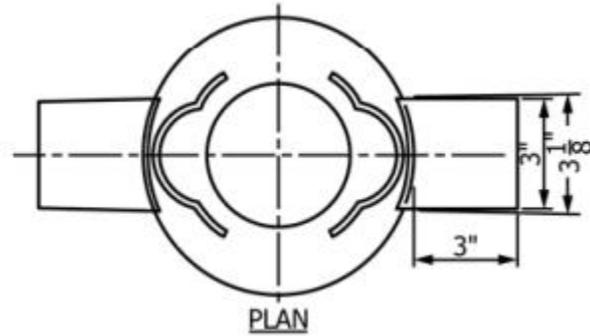
*Equipos utilizados para la prueba de revenimiento o consistencia del concreto.*



Fuente: ASTM International, 2020

**Figura 24**

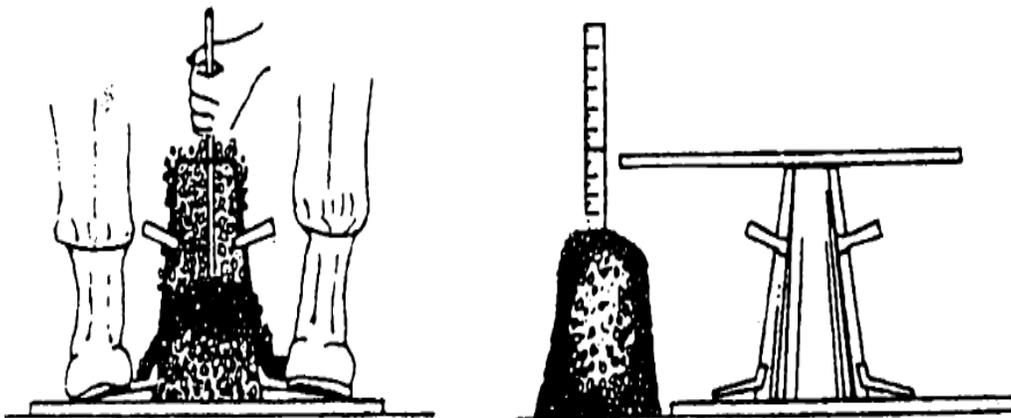
*Dimensiones del cono a utilizar en planta.*



Fuente: ASTM International, 2020

**Figura 25**

*Ensayo de Revenimiento y lectura del "Slump".*



Fuente: (Abando , 2017)