

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS  
Y MECÁNICAS DEL CONCRETO  $f'_c = 210$   
KG/CM<sup>2</sup>, ELABORADO A BASE DE CEMENTO  
TIPO ICO Y GU, TRUJILLO - 2020

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

Autor:

Bryan Aaron Rios Nontol

Asesor:

Ing. Mg. Eduar José Rodríguez Beltrán

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a todos mis seres queridos, en especial a mis padres Bertha y José, que son la razón y motor constante de mi superación y motivación para seguir adelante sin importar las adversidades, y a quienes agradeceré toda mi vida por su ejemplo de trabajo, valores inculcados, apoyo incondicional, críticas constructivas y abnegado sacrificio que me brindaron durante mi formación profesional.

## AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios por guiarme y bendecirme a lo largo de mi vida y ponerme siempre  
en los caminos adecuados para cumplir con mis objetivos.

A la Universidad Privada del Norte por darnos la oportunidad de recibir una enseñanza de  
calidad, por su constante apoyo durante nuestra formación profesional y por permitirnos  
ser grandes profesionales.

A mi asesor, el Ing. Mg. Eduar José Rodríguez Beltrán, por su tiempo, esfuerzo y  
dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, crítica, paciencia y motivación ha  
conseguido que pueda desarrollar con éxito este trabajo de investigación.

A todos los docentes que me compartieron sus conocimientos, en las aulas y laboratorios,  
durante el transcurso de mi formación profesional.

A Valentina y a todos mis demás amigos por sus consejos, apoyo, optimismo y compañía a  
lo largo de todo el proceso de mi formación académica y personal.

Bryan Aarón Rios Nontol

## Tabla de contenidos

<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema .....	32
1.3. Objetivos .....	32
1.4. Hipótesis.....	33
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>34</b>
2.1. Tipo de investigación .....	34
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....	38
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	38
2.4. Procedimiento.....	40
2.5. Aspectos Éticos .....	41
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
3.1. Propiedades físicas .....	42
3.1. Propiedades mecánicas.....	49
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
4.1. Discusión.....	55
4.2. Conclusiones .....	64
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> .....	22
<b>Tabla 2</b> .....	34
<b>Tabla 3</b> .....	35
<b>Tabla 4</b> .....	35
<b>Tabla 5</b> .....	37
<b>Tabla 6:</b> Ficha para la recopilación de información .....	39
<b>Tabla 7</b> .....	42
<b>Tabla 8</b> .....	43
<b>Tabla 9</b> .....	49
<b>Tabla 10</b> .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N.º 1: Volumen de los componentes del concreto. ....	15
Figura N.º 2: Cemento Portland. ....	22
Figura N.º 3: Cemento Pacasmayo tipo ICO.....	27
Figura N.º 4: Cemento Mochica tipo GU.....	28
Figura N.º 5: Procedimiento de recolección de datos .....	40
Figura N.º 6: Procedimiento de tratamiento de datos.....	41
Figura N.º 7: Comparación de la temperatura. ....	44
Figura N.º 8: Comparación de la temperatura promedio. ....	44
Figura N.º 9: Comparación del asentamiento.....	45
Figura N.º 10: Comparación del asentamiento promedio. ....	45
Figura N.º 11: Comparación del rendimiento. ....	46
Figura N.º 12: Comparación del rendimiento promedio. ....	46
Figura N.º 13: Comparación del contenido de aire. ....	47
Figura N.º 14: Comparación del contenido de aire promedio.....	47
Figura N.º 15: Comparación del peso unitario.....	48
Figura N.º 16: Comparación del peso unitario promedio.....	48
Figura N.º 17: Comparación de la resistencia a la compresión a los 7 días de curado. ....	51
Figura N.º 18: Comparación de la resistencia a la compresión promedio a los 7 días de curado. ....	51
Figura N.º 19: Comparación de la resistencia a la compresión a los 14 días de curado. ....	52
Figura N.º 20: Comparación de la resistencia a la compresión promedio a los 14 días de curado. ....	52
Figura N.º 21: Comparación de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado. ....	53

Figura N.º 22: Comparación de la resistencia a la compresión promedio a los 28 días de curado. .... 53

Figura N.º 23: Comparación de la resistencia a la compresión promedio. .... 54

## RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad realizar la comparación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU, la cual se desarrolló utilizando la información de investigaciones almacenadas en los repositorios virtuales de distintas universidades. Esta investigación es aplicada, según su propósito, y cuantitativa, según la naturaleza de datos; además, tiene como población otros trabajos de investigación experimentales con una antigüedad no mayor de 10 años, las cuales se verán reducidas al pasar por una fase de selección. La técnica de recolección de datos elegida debido a la situación de emergencia sanitaria fue el análisis documental, esto implicó el análisis de datos de otras investigaciones para la obtención de los resultados y el uso de una ficha de registro de información como instrumento de recolección de datos. Se llegó a la conclusión que el cemento tipo ICO presenta mejores propiedades físicas, y que el cemento tipo GU posee mejores propiedades mecánicas. Teniendo en cuenta el desempeño en obra, los costos y la presencia en el mercado se concluye que el cemento tipo ICO es la mejor opción para todo tipo de estructuras y construcciones en general que no presenten requerimientos especiales.

**Palabras clave:** Concreto, cemento tipo ICO, cemento tipo UG, propiedades físicas y mecánicas.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

#### 1.1.1. Problema de la investigación

En el Perú, las propiedades físicas y mecánicas del concreto varían de acuerdo a muchos factores, como la exposición a climas y suelos agresivos, calidad de los agregados, calidad del agua, calidad del cemento, y diseño adecuado del concreto estructural, los cuales muchas veces no son tomadas en cuenta. Esta es una de las muchas razones por la que se suele optar por la informalidad; solo en Lima, aproximadamente el 70% de las viviendas no han pasado por ningún proceso formal en su construcción. (Espinoza, 2017).

En la ciudad de Trujillo son pocas las entidades que siguen los procesos estandarizados para certificar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, ya que generalmente el control de calidad del concreto tiene procedimientos muy artesanales, donde no se respeta los procedimientos normalizados; esta situación ha llevado a las empresas constructoras de la ciudad a adquirir concreto premezclado, el cual tiene certificación de calidad dada por la empresa proveedora. (Cementos Pacasmayo S.A.A., 2017).

El concreto es una masa homogénea hecha de distintos tipos de materiales, los que le dotan de propiedades físicas y mecánicas, es por ello que es muy importante priorizar el cumplimiento de un plan de control de calidad para el concreto, el cual es responsabilidad del ingeniero residente, quien deberá realizar los distintos ensayos para comprobar la calidad tanto del concreto fresco como del endurecido; y los materiales que lo componen, ya que su calidad dependerá no solo de los materiales

usados para su elaboración sino también de los procedimientos de elaboración, transporte y colocación en obra. (Argos, 2010).

La informalidad en el sector construcción en la ciudad de Trujillo, en gran parte se debe en su mayoría a la contratación de personal no calificado, quienes carecen de conocimientos técnicos para este tipo de trabajos. La cual es una decisión que a largo plazo puede tener consecuencias económicas mayores, ya que pueden ocurrir pérdidas materiales o incluso humanas; lo que remarca una vez más la importancia de la intervención profesional en las obras de construcción civil, ya sean de gran o pequeña envergadura. (Cortes & Perilla, 2014).

Actualmente el mercado cementero de la ciudad de Trujillo está conformado por diferentes marcas, las cuales tienen presencia importante en ciertos mercados, siendo Inka, Mochica, Nacional, Pacasmayo y Quisqueya las marcas con más notoriedad. Cada una de estas tiene sus propias características y tipos de cementos que las identifican, de los cuales, los tipos ICO, MS y GU son los más usados en el mercado trujillano; por lo que el presente trabajo de investigación tiene como finalidad comparar las propiedades físicas y mecánicas que brindan al concreto los tipos de cemento ICO y GU, e identificar el de mejor desempeño en obra. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2012).

Por todos estos motivos, esta investigación aportará información relevante, tanto para profesionales de la construcción como para constructores empíricos; además que es de gran importancia el tener fácil acceso a este tipo de información, ya que el cemento es

el insumo más importante en la mezcla del concreto y de este depende las variaciones de sus propiedades físicas y mecánicas.

### 1.1.2. Antecedentes

#### a. Antecedentes internacionales

**Bermudez y Cadena (2015)** en su investigación titulada "Correlación entre la resistencia al esfuerzo de compresión y tracción del hormigón, utilizando agregados de las canteras de Pifo y San Antonio, cemento Holcim tipo GU", concluyen que: "Se afirma entonces que a mayor resistencia a compresión del hormigón, menor es su porcentaje de resistencia a la tracción debido a la rigidez que presenta los hormigones considerados de alta resistencia, misma rigidez que se la comprueba con la aplicación de las pruebas de resistencia a la compresión donde a medida que aumenta la resistencia la falla del espécimen es más brusca o explosiva, dicha rigidez le resta plasticidad al hormigón endurecido si cabe el término y por ende una disminución en su resistencia a la tracción demostrado en la aplicación de ensayos a resistencias desde los 14MPa hasta los 35MPa."

**Guaminga y Paucar (2012)** en su investigación titulada "Estudio comparativo de la reactividad álcali – agregado entre hormigones fabricados con cemento tipo HE y hormigones fabricados con cemento tipo IP, en combinación con agregados de la zona de El Chontal – Ecuador", concluyen que: "De acuerdo a la norma ASTM C 1260, la cual indica que si las barras experimentan expansiones menores que el 0.1%, se considera como agregado inócuo (no produce daño), si sobrepasan el 0.2% serán potencialmente

reactivos, y se encuentran entre el 0.1% y 0.2% será considerado en transición, para lo cual se deberá tomar lecturas hasta los 28 días. En el caso de las barras elaboradas con granodiorita y cemento tipo IP-GU se obtuvo el 0,027 % de expansión, por lo tanto es considerado como inócuo; en tanto que, para las barras elaboradas con granodiorita y cemento tipo HE se obtuvo el 0,140 % de expansión de manera que se procedió a tomar lecturas hasta los 28 días y se obtuvo el 0,219 % de expansión y por tanto son consideradas como potencialmente reactivas."

#### **b. Antecedentes nacionales**

**Villegas y Corrales (2013)** en su investigación titulada "Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Taclán y Topex- concreto listo, Huaraz-2013", concluyen que: "Para un concreto cuya resistencia de diseño es de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , empleando cemento quisqueya se logra la mayor resistencia que es de  $414.78 \text{ kg/cm}^2$  y empleando topex-concreto listo la menor resistencia que es de  $211.03 \text{ kg/cm}^2$ , en el periodo de 28 días."

**Hoyos (2014)** en su investigación titulada "Estudio de los agregados de cantera Ccruce Chanango de la ciudad de Jaén - Cajamarca, para su uso en la elaboración de concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ", concluye que: "Luego de realizar los diseños de mezclas con las relaciones agua cemento ( $a/c=0.50$ ,  $a/c=0.55$ ,  $a/c=0.60$ ), hemos podido concluir que la relación agua cemento más apropiada para la fabricación de concreto con  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con los agregados de la Cantera Cruce Chanango, es de  $A/C = 0.54$ ."

### c. Antecedentes locales

**Cueva y Muñoz (2016)** en su investigación titulada "Características del concreto en estado fresco y endurecido fabricado con agregado global del río Canchan, Chillia – Pataz - La Libertad", concluyen que: "En el cemento tipo Ico para un  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> o  $f'cr=245$  kg/cm<sup>2</sup> la relación agua cemento es de 0.451 y para un  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> o  $f'cr=294$  kg/cm<sup>2</sup> la relación agua cemento es de 0.416; y en el cemento tipo Ms para un  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> o  $f'cr=245$  kg/cm<sup>2</sup> la relación agua cemento es de 0.511 y para un  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> o  $f'cr=294$  kg/cm<sup>2</sup> la relación agua cemento es de 0.457."

**Varas y Villanueva (2017)** en su investigación titulada "Análisis comparativo de los tiempos de fraguado y resistencia de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> del cemento Pacasmayo y Qhuna", concluyen que: "Las resistencias de las probetas de concreto que han sido realizadas, ensayadas y curadas bajo condiciones de las normas en vigencia; a los 3, 7, 14 y 28 días de ambos cementos. En cementos Pacasmayo se logró cumplir con el 100% a los 28 días de curado con una resistencia  $f'c 210$  kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, en cementos Qhuna llegó a cubrir un 128% de su carga máxima obteniendo de esta manera una resistencia de 269 kg/cm<sup>2</sup> logrando concluir que a pesar que 86 ambos cementos tuvieron el mismo  $f'c$  de diseño ambos varían de acuerdo a su resistencia, otro factor muy importante a destacar es la diferente composición química que tienen ambos cementos de acuerdo a sus cuatro principales componentes del Clinker. En las tres diferentes relaciones agua cemento, cemento Qhuna logra cumplir con todos los parámetros requeridos según la Norma ASTM C 31 concluyendo de esta manera, que mientras menor es la

relación agua cemento obtenemos una mayor resistencia debido a que en las relaciones menores de 0.40 y 0.48 obtenemos las resistencias máximas sin embargo es en la relación 0.56 donde las resistencias disminuyen en un 10 % aproximadamente de su resistencia máxima inicial a los 28 días de edad de curado. Estos resultados ayudan para la selección de un cemento más resistente según lo especificado para un concreto de  $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$  utilizado para el diseño."

### **1.1.3. Bases teóricas**

#### **1.1.3.1. El concreto**

Es un material de construcción constituido principalmente por rocas de tamaño máximo limitado, que cumplen ciertas condiciones en cuanto a sus características físicas, químicas y granulométricas, unidas por una pasta aglomerante formada por un conglomerante (cemento) y agua. A este material básico, en el momento de su amasado puede añadirse otros productos o materiales para mejorar algunas características determinadas. (Cruzado & Rivera, 2019).

En la composición del concreto, el volumen del cemento se encuentra normalmente entre 7% y 15% del volumen total del concreto, los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% y el volumen del agua está entre 15% y 22%. (Fernández, 2011).

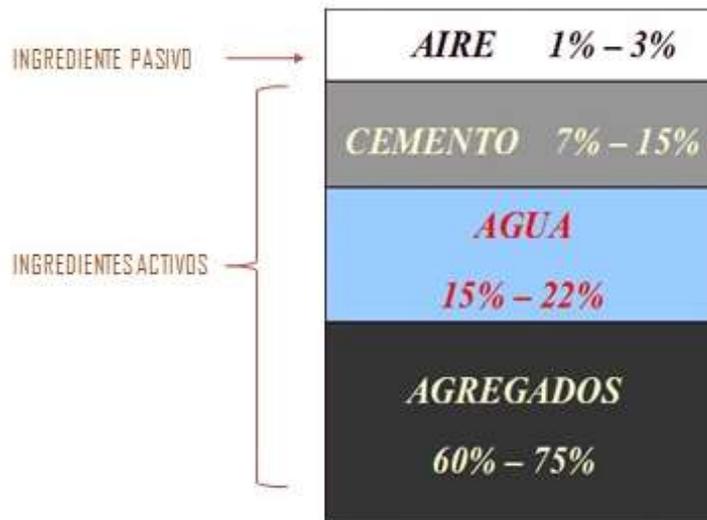


Figura N.º 1: Volumen de los componentes del concreto.

**Fuente:** ING JHONNY GARCIA UPN, 2013.

#### 1.1.3.1.1. Tipos de concreto

**a. Concreto estructural:** todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado (Norma E.060 Concreto Armado) con una resistencia no menor a 170 kg/cm<sup>2</sup>. (Cruzado & Rivera, 2019).

**b. Concreto arquitectónico:** es un concreto pensado y destinado a brindar una gama de alternativas estéticas en cuestión de acabados y colores, dependiendo las necesidades del constructor y de la obra misma. (Cruzado & Rivera, 2019).

**c. Concreto ciclópeo:** El concreto ciclópeo es un material utilizado en la construcción y está constituido de arena, grava, agua y cemento, además de tener incorporados mampuestos y hasta bloques de gran tamaño. De una manera

muy sencilla, el concreto ciclópeo es un concreto al que se le agregan piedras. Estas pueden ser de diferentes tamaños, pero generalmente son piedras grandes. (Cruzado & Rivera, 2019).

**d. Concreto lanzado:** Se conoce también con el nombre de Shotcrete. Tiene muchas ventajas en trabajos subterráneos como túneles y obras de minería. También se utiliza en la protección y revestimiento de taludes y excavaciones. (Cruzado & Rivera, 2019).

**e. Concretos autocompactable:** Concreto diseñado para que se coloque sin necesidad de vibradores en cualquier tipo de elemento. Este tipo de concretos son los que utilizan aditivos plastificantes y permiten: trabajabilidad fuertemente aumentada para el mismo contenido de agua; disminución de la cantidad de agua para la misma trabajabilidad y, por tanto, un sensible aumento de la resistencia. (Cruzado & Rivera, 2019).

**f. Concreto Ligero:** Empleado sobre todo en la industria de los prefabricados o donde sea requerido disminuir cargas muertas. Se emplean agregados de densidad inferior a la usual, obteniéndose pesos del orden de 1,500 a 1,800 kg/m<sup>3</sup>. (Cruzado & Rivera, 2019).

**g. Concreto de alta resistencia:** El término "concreto de alta resistencia" es aplicable al concreto cuyos valores de

resistencia a la compresión supera los 42 MPa. (Cruzado & Rivera, 2019).

### **1.1.3.2. Propiedades físicas del concreto**

Las propiedades físicas del concreto abarcan aquellas cualidades que se pueden identificar a simple vista y/o mediciones simples, a su vez son inherentes, es decir, que no depende si el tamaño de la mezcla es menor o mayor, sino depende del cuidado que se tenga con ella. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., 2005).

#### **1.1.3.2.1. Asentamiento**

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian. (Navarro S, 2010).

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa. Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene

siempre una película de mortero de al menos  $\frac{1}{4}$ " sobre el agregado grueso. (Navarro S, 2010).

Cuando el concreto queda en reposo luego de ser compactado y colocado dentro del encofrado o cualquier tipo de contenedor, la gravedad da lugar a fenómeno natural mediante el cual los componentes más pesados los cuales son: el cemento, el agregado grueso y el agregado fino tienden a descender mientras que el agua, la cual es menos densa, tiende a ir a la parte superior de la mezcla; a este fenómeno se le conoce como asentamiento, el cual cuando se produce en exceso se le considera indeseable, debido a que provoca cierta estratificación en la mezcla del concreto, de tal manera que en la parte inferior se acumulan todos los componentes pesados y en la parte superior se forma una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua. (Vera, 2011).

#### **1.1.3.2.2. Contenido de aire**

El aire en el concreto se encuentra incorporado de manera natural debido a muchas razones, algunas de ellas son: concretos con poco cemento, mezclados de larga duración, tamaños máximos nominales no adecuados, etc.; a su vez este aire puede ser liberado a través de procesos de compactación, además existe concretos donde el aire es incorporado intencionalmente para brindar mayor trabajabilidad; práctica

que se debe realizar con las consideraciones adecuadas, ya que por cada 1% de aire incorporado la resistencia a la compresión se ve afectada en un 5%. (Gallo & Saavedra, 2015).

#### **1.1.3.2.3. Peso unitario**

Se define como densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cúbica. Puede también entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es material sólido. Se expresa en kg/m<sup>3</sup> y usualmente fluctúa entre un rango de 2240 kg/m<sup>3</sup> a 2400 kg/m<sup>3</sup>. (Ruiz & Vasallo, 2019).

Las variaciones en las propiedades del agregado pueden afectar el peso unitario y la densidad del concreto en forma diferente. Se puede tener modificaciones en el peso unitario del agregado las cuales incrementen o disminuyan el peso unitario del concreto sin afectar la densidad del mismo. (Cruzado & Rivera, 2019).

#### **1.1.3.2.4. Rendimiento**

El rendimiento del concreto se define como la cantidad de mezcla fresca de concreto que se obtiene a partir de una dosificación conocida de insumos. Se determina dividiendo el peso total de los materiales entre el peso unitario promedio

o la densidad del concreto. (National Ready Mixed Concrete Association, 2017).

#### **1.1.3.2.5. Temperatura**

La temperatura varía de un concreto a otro. Depende primordialmente de sus componentes, su masa y su calor específico. Por otro lado se deben tener en cuenta los agentes externos que influyen directamente en la mezcla para variar de una u otra forma la temperatura del concreto, como lo son la temperatura ambiente, las condiciones ambientales, el espesor del elemento estructural y los métodos de protección que se apliquen a cada uno de los casos. Por ejemplo, en climas cálidos se ven afectados los límites de la velocidad de la evaporación, y en el clima frío se reducen los procesos de hidratación. Como resultado a estas variables y factores se pueden tener resultados que van ligados íntimamente a fenómenos físico mecánicos como lo son la fisuración, el desgaste y la resistencia en el concreto. (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2020).

#### **1.1.3.3. Propiedades mecánicas del concreto**

Las propiedades mecánicas del concreto son aquellas relacionadas con el comportamiento del concreto en estado endurecido sometido a sollicitaciones mecánicas sobre él, a su vez las propiedades mecánicas

son parámetros más importantes para el diseño estructural del concreto (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., 2005).

#### **1.1.3.3.1. Resistencia a la compresión**

Es el valor máximo de la resistencia de un espécimen elaborado de concreto al momento de ser sometido a una máquina de ensayos a compresión, en donde se aplica una carga que actúa sobre uno de sus ejes hasta hacerlo fallar; la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de fallo del espécimen de concreto dividida entre el área de la sección resistente y se expresa en kg/cm<sup>2</sup> o psi. (Castellon & Ossa, 2013).

#### **1.1.3.4. Componentes del concreto**

##### **1.1.3.4.1. Cemento Portland**

###### **A. Definición**

El cemento Portland es un cemento hidráulico, lo que quiere decir, que es un tipo de cemento que se endurece al combinarse con agua, a su vez es producido por materiales calcáreos, pulverizados y mezclados. La mezcla es calcinada a temperatura de 1500 C° produciendo un material denominado clinker, y para regular el fraguado se mezcla se adiciona yeso. (Tobon, 2009). En la siguiente figura se observa este cemento.



Figura N.º 2: Cemento Portland.

**Fuente:** Construrama, 2020.

## B. Composición química del cemento

Las materias primas que se utiliza en la fabricación del cemento Portland son: el dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), el óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y el óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) se encuentra en la arcilla, la cal que contiene oxido de calcio (CaO), y el trióxido de azufre (S<sub>03</sub>) aportado por el yeso; todos estos óxidos son sometidos al proceso de fabricación del clinker obteniendo compuestos químicos complejos que se forman gracias a las reacciones químicas de dichos óxidos sometidos bajo altas temperaturas.

**Tabla 1**

*Composición química del cemento*

COMPUESTO	FÓRMULA	ABREVIATURA	PORCENTAJE
Silicato tricálcico	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C3S	48% - 52%
Silicato dicálcico	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C2S	17% - 27%
Aluminato tricálcico	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C3A	6% - 10%
Ferritoaluminato tetracálcico	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C4AF	9% - 11%

En esta tabla se muestran los compuestos químicos o materias primas que se utilizan en la fabricación del cemento Portland.

**Fuente:** ASOCEM, 2016.

**El silicato tricálcico C3S (Alita);** es el componente principal del Clinker, formando alrededor del 50% de este, tiene la propiedad de aportar las mayores resistencias iniciales al cemento. El calor de hidratación que libera es muy elevado (120cal/g). Los productos de hidratación que se obtienen son el gel de tobermorita y la portlandita.

**El silicato bicálcico C2S (Belita);** este componente aporta pocas resistencias a edades tempranas, pero va alcanzando resistencias progresivamente hasta alcanzar al silicato tricálcico. Ocupa alrededor del 25% del cemento, su calor de hidratación es bajo (60cal/g), resultando gel de tobermorita y portlandita como producto de hidratación.

**El aluminato tricálcico C3A;** este componente por sí solo no contribuye a la resistencia, pero en presencia de silicatos desarrolla unas resistencias iniciales buenas. Actúa como catalizador de la reacción de silicatos. Su hidratación es muy rápida desarrollando un calor de hidratación de 207cal/g, su contenido está alrededor del 10%. Para retrasar su actividad se emplea yeso que actúa como regulador del fraguado. Uno de los inconvenientes, es que provoca hormigones y morteros muy sensibles al ataque de sulfatos y otros agentes agresivos. Como producto de hidratación se obtienen la etringita y el sulfoaluminato de calcio hidratado.

**El ferrito aluminato tetracálcico C4AF (Celita);** su hidratación es rápida pero más lenta que la del aluminato. Posee un calor de hidratación de 100cal/g. es el fundente en el horno y el responsable del color gris verdoso del cemento. Su contenido en el cemento esta alrededor del 8%.

### C. Tipos de cemento Portland

Los cementos portland se clasifican en tres tipos: los cementos Portland tradicionales, los cementos Portland adicionados y los cementos Portland especiales.

La norma ASTM C 150 clasifica los cementos Portland tradicionales en cinco diferentes tipos, los cuales son los siguientes:

- **Tipo I:** Para uso general, siempre que no se requieran propiedades especiales.
- **Tipo II:** Para uso general y cuando se requiera moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos o en vaciados masivos.
- **Tipo III:** Para uso cuando se requiere altas resistencias iniciales con elevado calor de hidratación. Se utiliza en climas fríos o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.

- **Tipo IV:** Para uso cuando se desea bajo calor de hidratación, para concreto masivo.
- **Tipo V:** Para uso cuando se requiere alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

Según la norma ASTM C 595 los cementos Portland adicionados son una combinación de cemento portland o Clinker y yeso mezclados o molidos conjuntamente con puzolanas, escorias o cenizas. Esta norma establece los siguientes tipos de cementos adicionados:

- **Tipo IS:** Cemento Portland con escoria de alto horno. Entre 25 % y 70 % de escoria.
- **Tipo IP y Tipo P:** Cemento Portland puzolánico. Ente 15 % y 40 % de puzolana.
- **Tipo I (PM):** Cemento Portland puzolánico modificado. Menos de 15% de puzolana.
- **Tipo S:** Cemento Portland con escoria o siderúrgico.
- **Tipo I (SM):** Cemento Portland modificado con escoria. Menos del 25 %.
- **Tipo ICo:** Cemento Portland compuesto. Hasta 30 % de filler calizo u otro material.

La norma ASTM C 1157 considera los siguientes tipos de cementos Portland especiales:

- **Tipo GU:** Cemento Portland de uso general.

- **Tipo HS:** Cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos.
- **Tipo HE:** Cemento Portland de alta resistencia inicial.
- **Tipo MH:** Cemento Portland de moderado calor de hidratación.
- **Tipo LH:** Cemento Portland de bajo calor de hidratación.
- **Tipo MS:** Cemento Portland de moderada resistencia a los sulfatos.

#### **D. Cemento tipo ICO**

El cemento tipo ICO o también denominado cemento compuesto se obtiene por la pulverización conjunta del clinker, materias calizas y/o adiciones inertes, los cuales son aquellos materiales que, sin perturbar el tiempo de fraguado, la etapa de endurecimiento o el slump, introduzcan alguna mejora a las características del cemento; estas adiciones solo se pueden dar hasta un máximo del 30% según la Norma Técnica Peruana 334.090 (Instituto Nacional de la Calidad, 2013).

En la siguiente figura se puede observar una bolsa de cemento tipo ICO.



Figura N.º 3: Cemento Pacasmayo tipo ICO.

**Fuente:** SODIMAC, 2020.

### **E. Cemento tipo GU**

Este cemento es usado para construcciones en general, es decir, cuando no se solicite ningún tipo de propiedad especial o especificación técnica en concreto; por lo tanto, este cemento sigue los lineamientos de los cementos Portland según la Norma Técnica Peruana 334.082 (Instituto Nacional de la Calidad, 2011).

En la siguiente figura se puede observar una bolsa de cemento tipo GU.



Figura N.º 4: Cemento Mochica tipo GU.

**Fuente:** SODIMAC, 2020.

#### 1.1.3.4.2. Agregados

Los agregados, también llamados áridos, que componen el concreto son materiales granulares inertes, de tamaño comprendido entre 0 mm y 100 mm, de procedencia natural o artificial que contribuyen a la estabilidad de volumen, resistencia y economía de los morteros y concretos.

Los áridos desempeñan un papel económico y técnico muy importante en las características del concreto. Ocupan alrededor del 75 % de del volumen total, es decir sus 3/4 partes, siendo el resto la pasta de cemento que rellenar los huecos existentes entre ellos y mantiene unidos los gránulos. La misión de los áridos no se limita a la de ser un material de relleno barato, comparados con la pasta de cemento, sino que también ejercen una influencia muy positiva en las

resistencias mecánicas, retracción, fluencia, abrasión, e incluso durabilidad del concreto.

Aunque a los áridos los definimos como inertes, sus propiedades físicas, térmicas, e incluso químicas, van a influir de forma notable en las propiedades del concreto (Fernández, 2011).

## **A. Clasificación de los agregados según su gradación**

### **➤ Agregado fino**

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa íntegramente el tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el tamiz N° 4, quedando retenido en el tamiz N° 200 y que cumple con los límites establecidos en la norma ASTM C 33.

El agregado fino estará compuesto de partículas limpias de un perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente; libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto. (Cruzado & Rivera, 2019).

Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la

resistencia requerida a satisfacción de las partes (ASTM C33).

➤ **Agregado grueso**

Se denomina agregado grueso al material retenido en el tamiz N°4, proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma ASTM C33. (Cruzado & Rivera, 2019).

**1.1.3.4.3. Agua**

El agua es el segundo componente fundamental del concreto, empleándose en el amasado del mismo y en su curado. Dependiendo de que se utilice con uno u otro fin se le exigirán unas u otras características. (Fernández, 2011).

**A. Agua de mezcla**

Está compuesta por el agua agregada en la preparación del concreto más la proveniente de la humedad superficial de los agregados, tiene las siguientes funciones: una primera, de hidratación de los componentes activos del cemento; una segunda, de actuar como lubricante haciendo posible que la masa fresca sea trabajable y, una tercera, de creadora de espacio en la pasta para los productos resultantes de la hidratación del cemento (Fernández, 2011).

El agua de mezclado siempre es mayor que la requerida para la hidratación del cemento, se puede considerar que la cantidad de agua precisa para la hidratación es del (22%-25%) en peso del mismo. Un concreto en el que se emplease esta cantidad de agua sería imposible de trabajar, de ahí que la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad (Fernández, 2011).

Para que un agua sea apta para la mezcla de concreto debe estar limpia y encontrarse libre de impurezas por encima de determinados límites a fin de que no se produzcan alteraciones en la hidratación del cemento, retrasos en su fraguado y endurecimiento, reducciones en sus resistencias, ni peligros en su durabilidad. En general, las aguas que son inodoras, incoloras e insípidas y que no forman espumas o gases cuando se agitan pueden utilizarse en el concreto. por otra parte, se consideran como aguas dañinas al concreto las que contienen azúcares, materia orgánica, aceites, sulfatos, sales alcalinas, gas carbónico, así como productos procedentes de residuos industriales (Fernández, 2011).

## **B. Agua de curado**

En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para

curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto (Fernández, 2011).

#### **1.1.3.5. Normativa**

- NTP 334.009.2013. Cementos Portland. Requisitos (ASTM C 150).
- NTP 334.090.2013. Cementos Portland Adicionados. Requisitos (ASTM C 595).
- NTP 334.082.2008. Cementos Portland. Especificación de la Performance. (ASTM C 1157).

### **1.2. Formulación del problema**

¿Existen diferencias importantes entre las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado a base de cemento tipo ICO y GU?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- ✓ Comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado a base de cemento tipo ICO y GU.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- ✓ Analizar los resultados obtenidos en diferentes investigaciones sobre las propiedades físicas y mecánicas de concretos  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborados con cemento tipo ICO y GU.

- ✓ Realizar gráficos estadísticos producto de la comparación de las propiedades físicas y mecánicas de concretos  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborados con cemento tipo ICO y GU.
- ✓ Determinar el cemento de mejor desempeño entre los tipos ICO y GU.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

- ✓ El concreto de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con cemento tipo ICO posee mejores propiedades físicas y mecánicas que el concreto de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con cemento tipo GU (Uso General).

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- ✓ El concreto de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con cemento tipo ICO posee mejores propiedades físicas que el concreto de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con cemento tipo GU (Uso General).
- ✓ El concreto de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con cemento tipo ICO posee mejores propiedades mecánicas que el concreto de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con cemento tipo GU (Uso General).

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es aplicada según propósito, ya que está centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. Según su profundidad es del tipo descriptiva, ya que busca describir las propiedades de las variables a partir del análisis documental de diferentes investigaciones. Además, es cuantitativa según la naturaleza de datos, debido a que se centra en el estudio y análisis de la realidad a través de diversos procedimientos basados en la medición y permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación.

#### a) Clasificación de las variables

Como se observa en la tabla 2, se realizó la clasificación de la variable "Cemento tipo ICO y GU" por su relación, por su naturaleza y por sus dimensiones.

**Tabla 2**

*Clasificación de las variables*

VARIABLE	CLASIFICACIÓN		RAZONES
<b>Cemento tipo ICO y GU</b>	Por su relación	Independiente	Porque la variable es única y no depende de otra.
	Por su naturaleza	Cuantitativa	Porque puede adoptar cualquier valor en el marco de un intervalo.
	Por sus dimensiones	Unidimensional	Porque se recogerá información de un solo tipo.

En esta tabla se muestra la clasificación de la primera variable.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 3, se realizó la clasificación de la variable "Propiedades físicas y mecánicas" por su relación, por su naturaleza y por sus dimensiones.

**Tabla 3**
*Clasificación de las variables*

VARIABLE	CLASIFICACIÓN		RAZONES
<b>Propiedades físicas y mecánicas</b>	Por su relación	Dependiente	Porque depende de nuestra variable independiente.
	Por su naturaleza	Cuantitativa	Porque puede adoptar cualquier valor en el marco de un intervalo.
	Por sus dimensiones	Bidimensional	Porque se recogerá información de dos propiedades.

En esta tabla se muestra la clasificación de la segunda variable.

**Fuente:** Elaboración propia.

### b) Operacionalización de las variables

Como se observa en la tabla 4, se realizó la operacionalización de la variable independiente "Cemento tipo ICO y GU".

**Tabla 4**
*Operacionalización de las variables*

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES / ÍTEMS
<b>Cemento tipo ICO</b>	También denominado cemento compuesto se obtiene por la pulverización conjunta del clinker, materias calizas y/o adiciones inertes, los cuales son aquellos materiales que, sin perturbar el tiempo de fraguado, la etapa de	En especímenes de concreto (probetas), las cuales están compuestas por agregado grueso, agregado fino, agua y cemento.	Dosificación de acuerdo al diseño.	Cantidad de bolsas por metro cúbico.

	<p>endurecimiento o el slump, introduzcan alguna mejora a las características del cemento; estas adiciones solo se pueden dar hasta un máximo del 30% según la norma técnica peruana 334.090. (Instituto nacional de la calidad, 2013)</p>			
<b>Cemento tipo GU</b>	<p>Este cemento es usado para construcciones en general, es decir, cuando no se solicite ningún tipo de propiedad especial o especificación técnica en concreto; por lo tanto, este cemento sigue los lineamientos del cemento portland tipo I. (Instituto nacional de la calidad, 2013)</p>	<p>En especímenes de concreto (probetas), las cuales están compuestas por agregado grueso, agregado fino, agua y cemento.</p>	<p>Dosificación de acuerdo al diseño.</p>	<p>Cantidad de bolsas por metro cúbico.</p>

En esta tabla se muestra la operacionalización de la variable independiente.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 5, se realizó la operacionalización de la variable independiente "Propiedades físicas y mecánicas".

**Tabla 5**
*Operacionalización de las variables*

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES / ÍTEMS</b>
<b>Propiedades físicas</b>	Abarcan aquellas cualidades que se pueden identificar a simple vista y/o mediciones simples, a su vez son inherentes, es decir, que no depende si el tamaño de la mezcla es menor o mayor, sino depende del cuidado que se tenga con ella. (Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C., 2005)	Al realizar ensayos en los especímenes de concreto (probetas), las cuales están compuestas por agregado grueso, agregado fino, agua y cemento.	Asentamiento, temperatura, peso unitario y contenido de aire.	Porcentaje de contenido de aire.
<b>Propiedades mecánicas</b>	Son aquellas relacionadas con el comportamiento del concreto en estado endurecido sometido a sollicitaciones mecánicas sobre él; además, son parámetros más importantes para el diseño estructural del concreto. (Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C., 2005)	Al realizar ensayos en los especímenes de concreto (probetas), las cuales están compuestas por agregado grueso, agregado fino, agua y cemento.	Resistencia a la compresión.	374 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días para UG y 335 kg/cm <sup>2</sup> para ICO.

En esta tabla se muestra la operacionalización de la variable dependiente.

**Fuente:** Elaboración propia.

## **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

### **2.2.1. Población**

La población que se tomará en cuenta para esta investigación comparativa serán otros trabajos de investigación experimentales, cuya antigüedad no sea mayor a 10 años y que hayan evaluado las propiedades físicas y mecánicas del concreto, con una resistencia a la compresión de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con cualquier tipo de cemento y en zonas que tengan un clima cálido o templado, ya sea a nivel internacional, nacional o local.

### **2.2.2. Muestra**

La presente investigación utilizará un muestreo no probabilístico como técnica de muestreo, debido a que algunos elementos de la población no tienen en cuenta todos los parámetros que considera esta tesis; es por ello que se optó por un muestreo por conveniencia. Lo que dará como resultado una muestra que constará de cinco trabajos de investigación por cada tipo de cemento, considerando los tipos ICO y GU, se tendrá un total de 10 investigaciones seleccionadas, las cuales tienen que haber evaluado las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con cemento tipo ICO y GU.

## **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **2.3.1. Técnica de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos que se ajusta mejor al proyecto de investigación gracias a su simplicidad es el análisis documental, ya que esta

técnica recolectará y analizará los datos encontrados en otras investigaciones similares, que serán de utilidad para esta investigación.

### 2.3.2. Instrumento de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos a usar es una ficha de registro de información, ya que este instrumento de recolección de datos es el que mejor se ajusta a nuestra investigación, ayudándonos a recolectar y analizar la información necesaria de las investigaciones seleccionadas, con la finalidad de procesar esta información para obtener los resultados deseados.

En la tabla 6 se puede observar la ficha de registro que se usó para recopilar la información más relevante de los trabajos de investigación seleccionados.

**Tabla 6:** *Ficha para la recopilación de información*

Título	Autor (es)	Problema	Objetivo General	Variables	Tipo de cemento	Muestra	Resultados	Conclusiones

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.3.3. Instrumento de análisis de datos

Ya que se optó por la estadística cuantitativa como técnica de análisis de datos y nuestra variable es del tipo cuantitativa, por lo tanto, el instrumento a utilizar serán los gráficos estadísticos (histogramas, polígonos de frecuencia y ojivas) puesto que son empleados cuando queremos representar el comportamiento de la variable en estudio y analizar los resultados.

## 2.4. Procedimiento

### 2.4.1. Procedimiento de recolección de datos

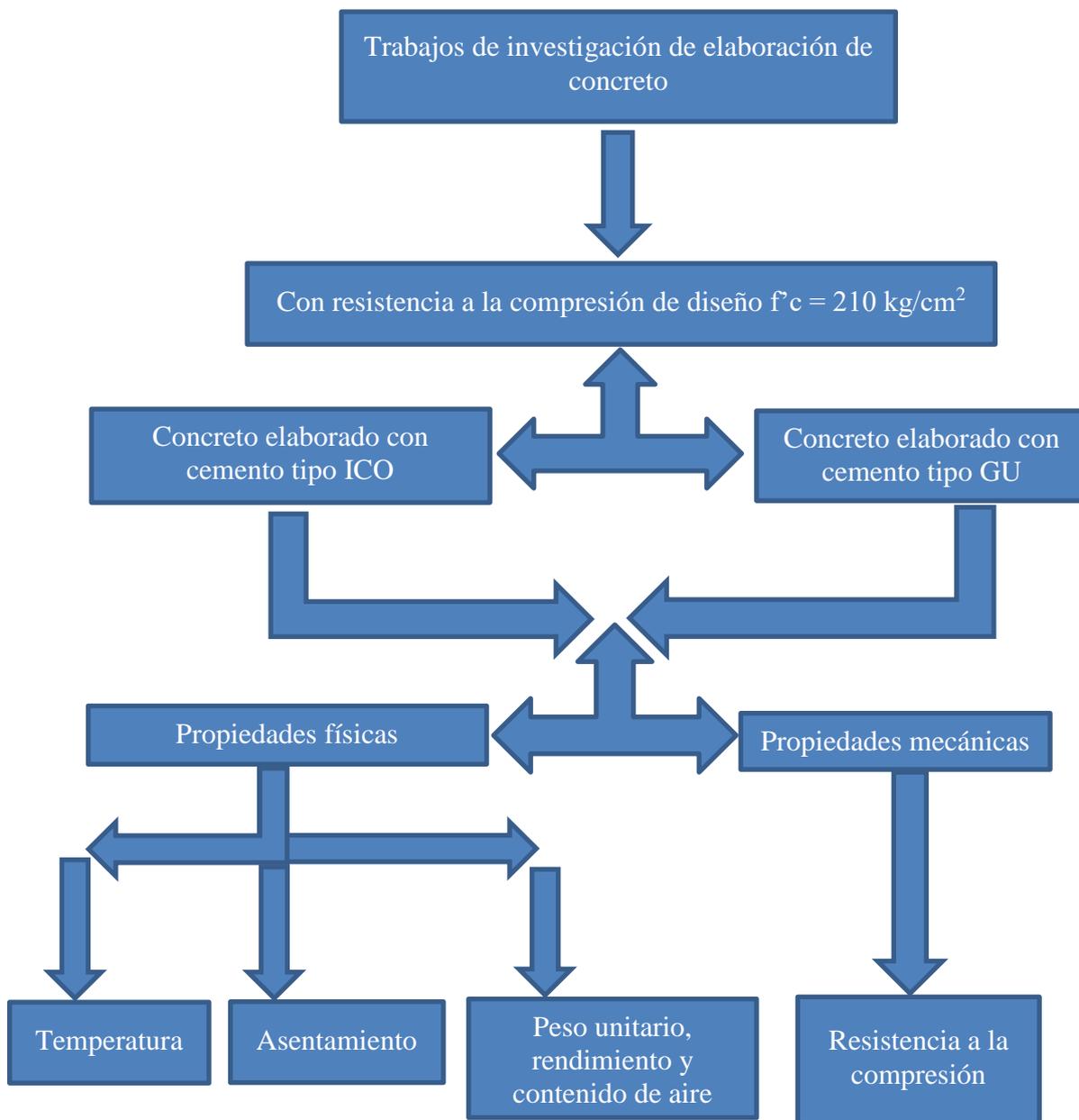


Figura N.º 5: Procedimiento de recolección de datos

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.4.2. Procedimiento de tratamiento de datos

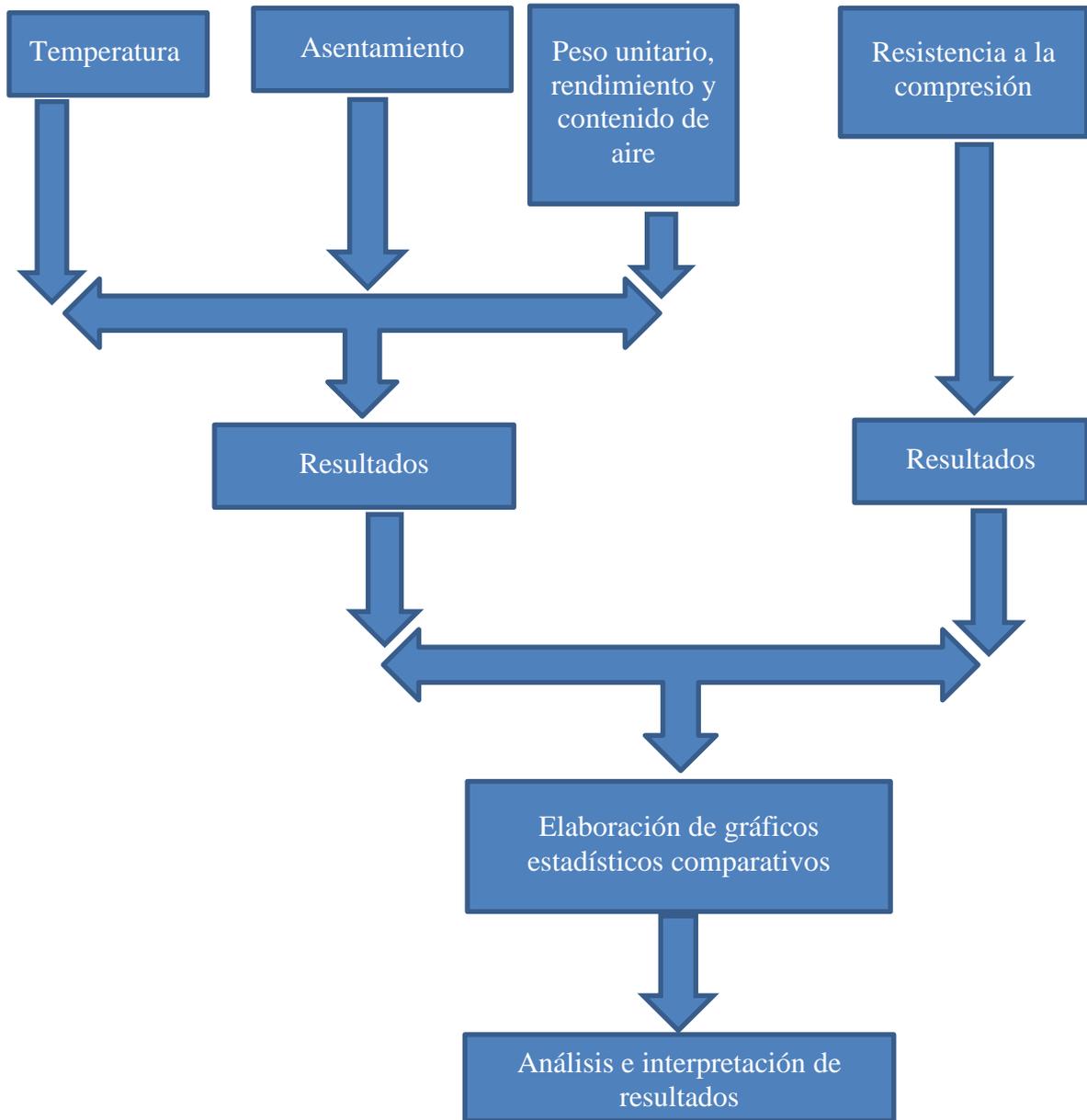


Figura N.º 6: Procedimiento de tratamiento de datos

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.5. Aspectos Éticos

Esta tesis ha sido desarrollada completamente por mi persona y la información aportada por otros trabajos de investigación ha sido referenciada correctamente según las normas APA.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Propiedades físicas

En la tabla 7 se puede observar un cuadro resumen de las propiedades físicas (temperatura, asentamiento, peso unitario, rendimiento y contenido de aire) del concreto elaborado con cemento tipo ICO.

**Tabla 7**

*Resultados de las propiedades físicas del concreto elaborado con cemento tipo ICO*

<b>Tipo de cemento</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Asentamiento (mm)</b>	<b>Rendimiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Contenido de aire (%)</b>	<b>Peso unitario (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Pacasmayo ICO	-	80	-	-	-
Nacional ICO	20.5	55	0.97	1.2	2331
Inka ICO	21.5	80	0.85	1.0	2334
Pacasmayo ICO	21.0	60	0.97	1.5	2340
Pacasmayo ICO	-	85	-	-	-
<b>Promedio</b>	<b>21.00</b>	<b>72.00</b>	<b>0.93</b>	<b>1.23</b>	<b>2335.00</b>

En esta tabla se muestran los resultados de las propiedades físicas del concreto  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con cemento tipo ICO.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 8 se puede observar un cuadro resumen de las propiedades físicas (temperatura, asentamiento, peso unitario, rendimiento y contenido de aire) del concreto elaborado con cemento tipo GU.

**Tabla 8**
*Resultados de las propiedades físicas del concreto elaborado con cemento tipo GU*

<b>Tipo de cemento</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Asentamiento (mm)</b>	<b>Rendimiento (m3)</b>	<b>Contenido de aire (%)</b>	<b>Peso unitario (kg/m3)</b>
Quisqueya GU	21.5	45	0.97	1.2	2332
Mochica GU	21.0	60	0.97	1.2	2335
Holcim GU	-	50	-	-	-
Holcim GU	-	-	-	-	2367
<b>Promedio</b>	<b>21.25</b>	<b>51.67</b>	<b>0.97</b>	<b>1.2</b>	<b>2344.67</b>

En esta tabla se muestran los resultados de las propiedades físicas del concreto  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con cemento tipo GU.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 7, se compara la temperatura del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

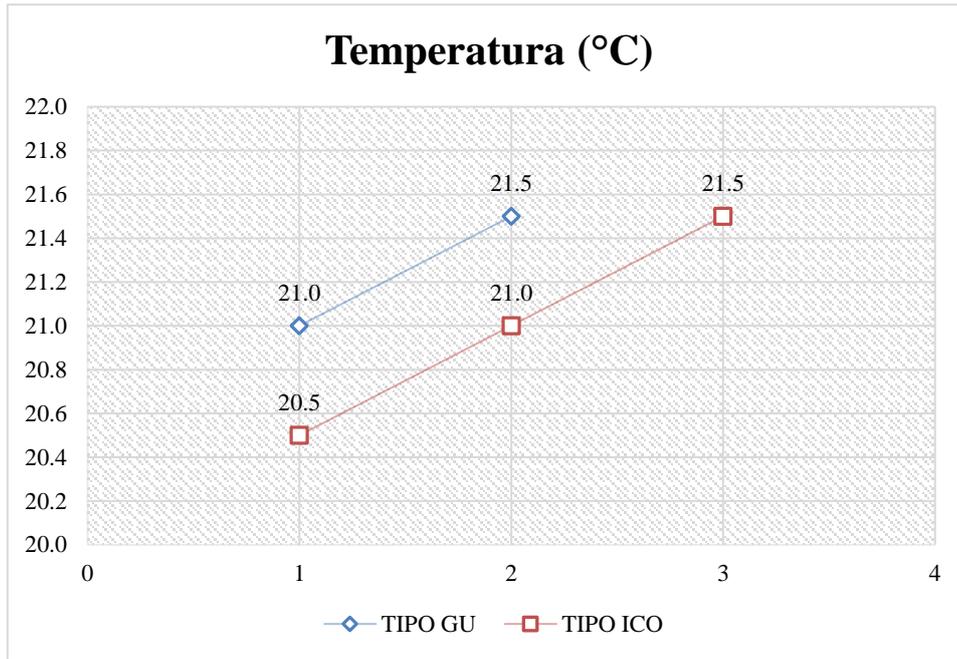


Figura N.º 7: Comparación de la temperatura.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 8, se compara la temperatura promedio del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

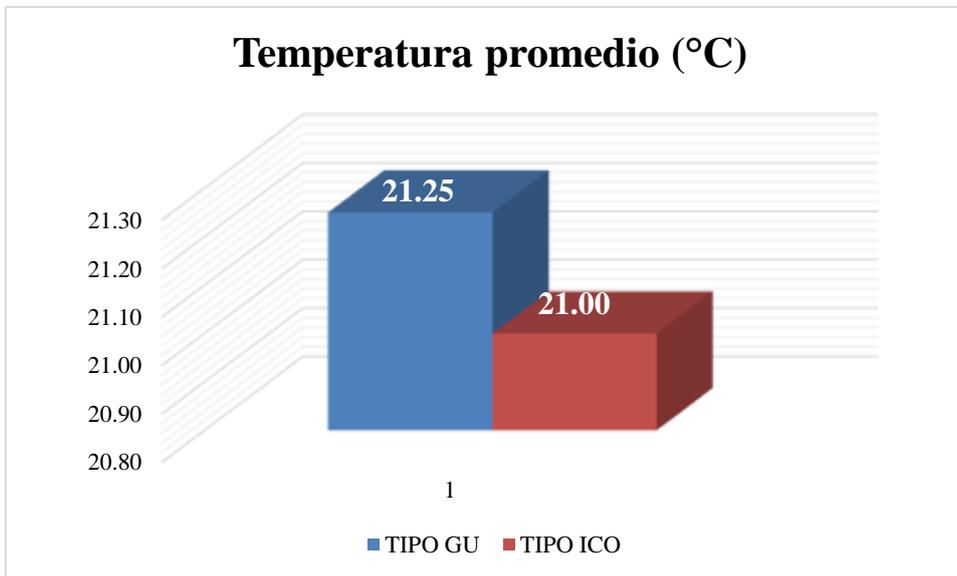


Figura N.º 8: Comparación de la temperatura promedio.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 9, se compara el asentamiento del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

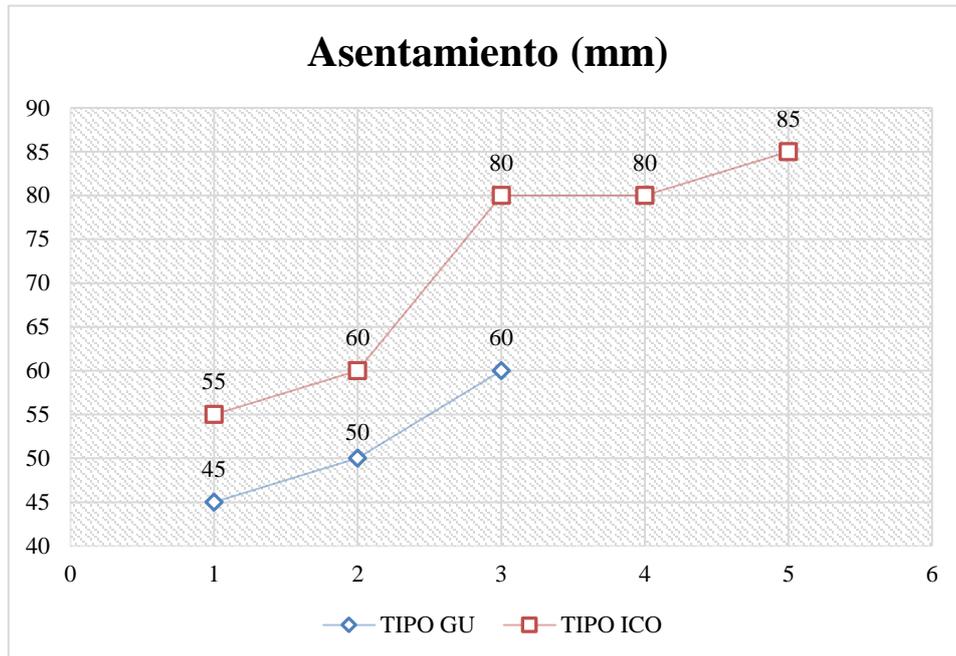


Figura N.º 9: Comparación del asentamiento.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 10, se compara el asentamiento promedio del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

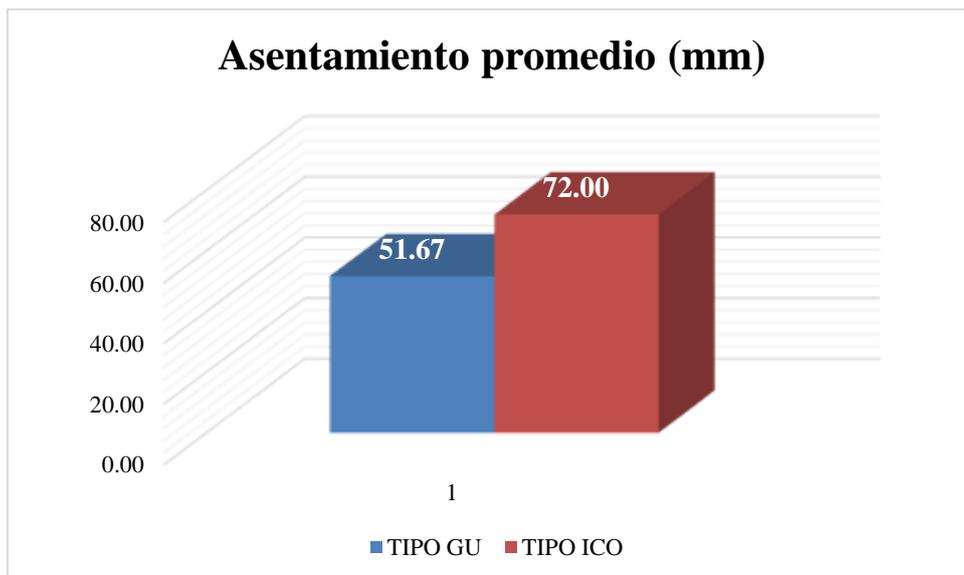


Figura N.º 10: Comparación del asentamiento promedio.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 11, se compara el rendimiento del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

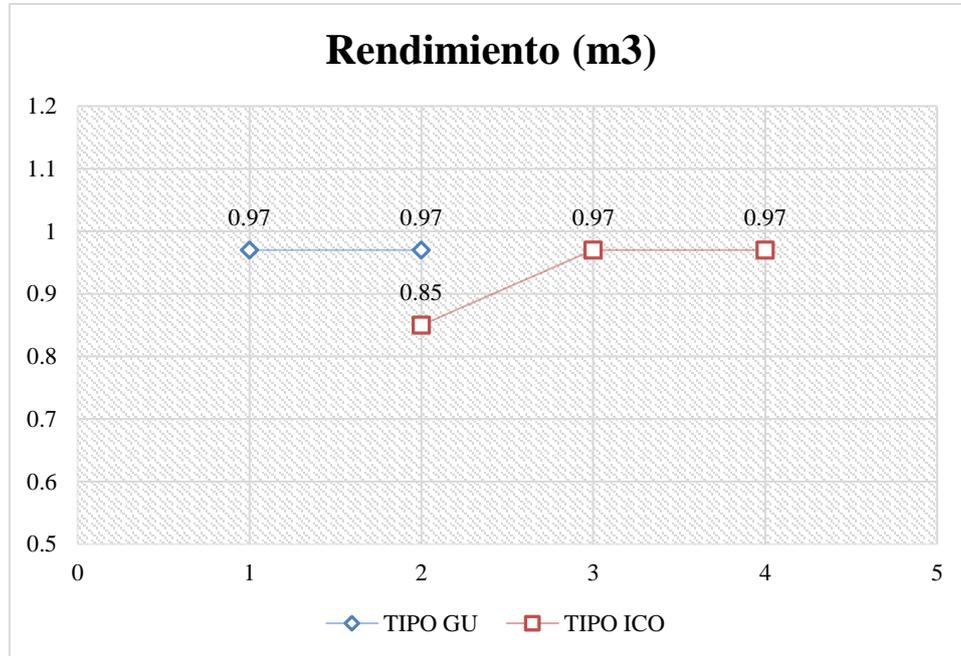


Figura N.º 11: Comparación del rendimiento.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 12, se compara el rendimiento promedio del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

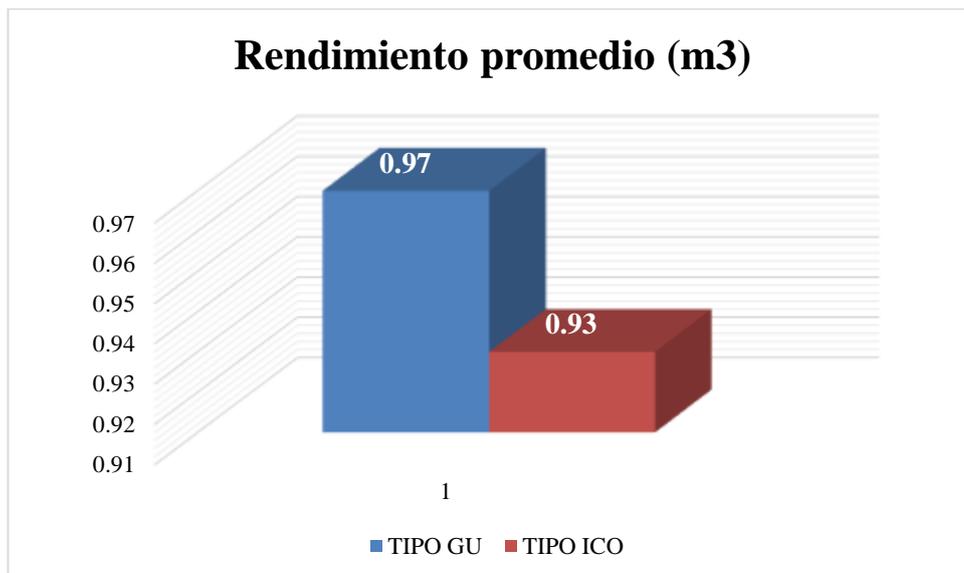


Figura N.º 12: Comparación del rendimiento promedio.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 13, se compara el contenido de aire del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

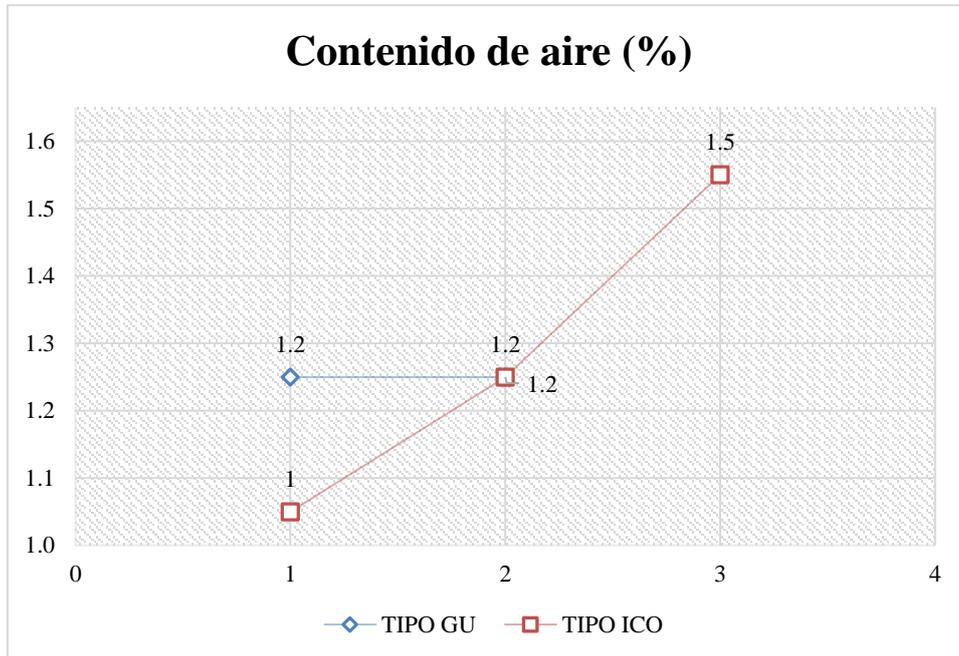


Figura N.º 13: Comparación del contenido de aire.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 14, se compara el contenido de aire promedio del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

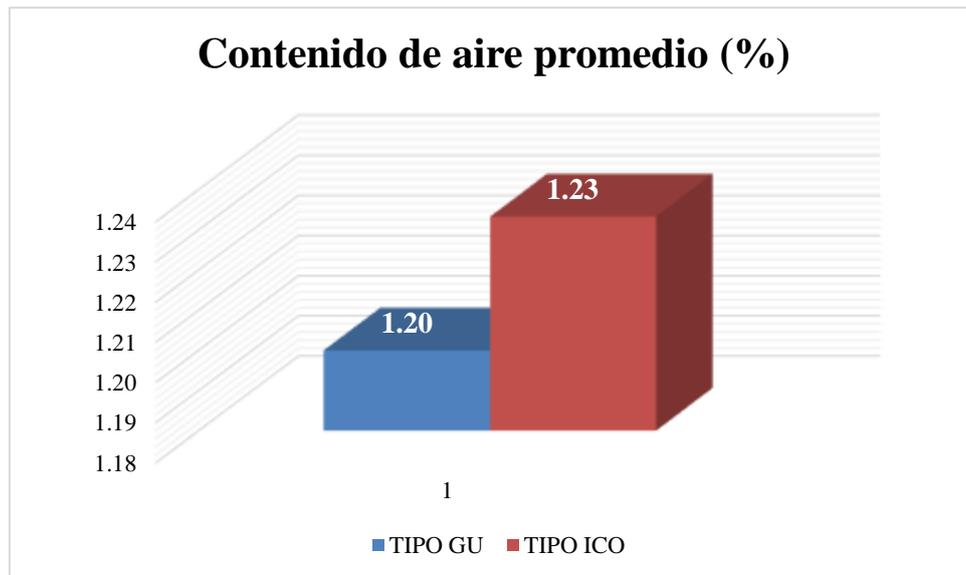


Figura N.º 14: Comparación del contenido de aire promedio.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 15, se compara el peso unitario del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

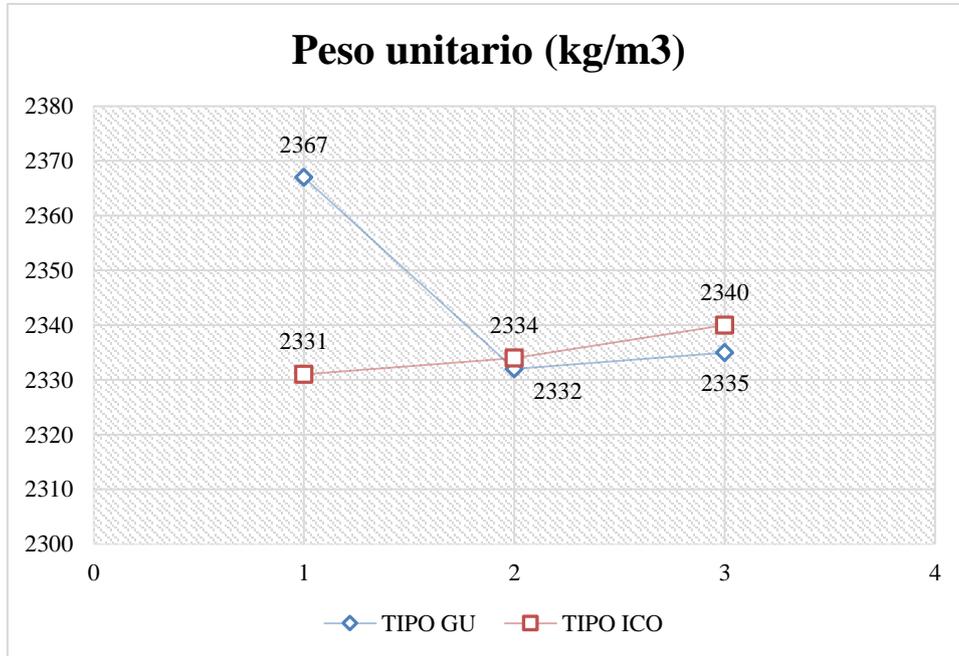


Figura N.º 15: Comparación del peso unitario.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 16, se compara el peso unitario promedio del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

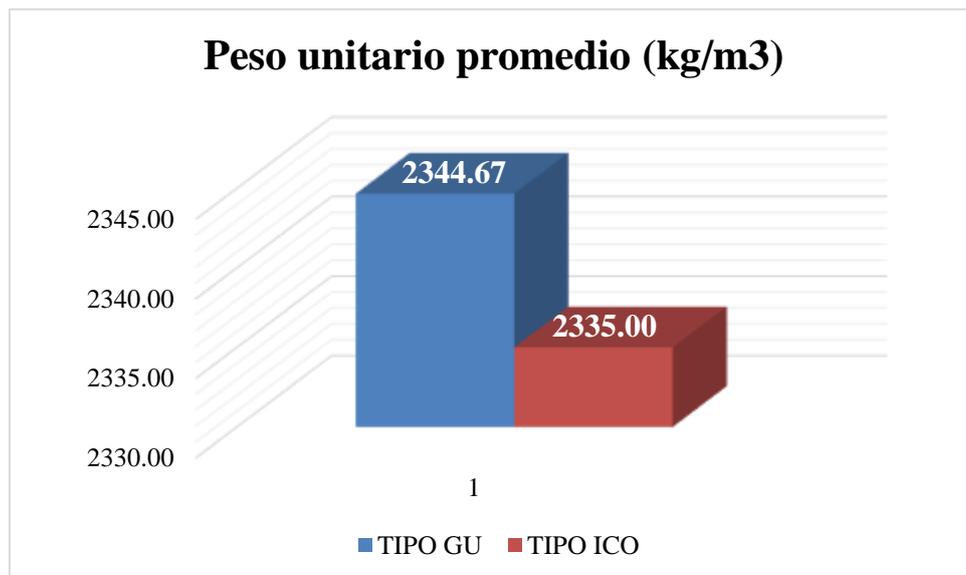


Figura N.º 16: Comparación del peso unitario promedio.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1. Propiedades mecánicas

En la tabla 9 se puede observar un cuadro resumen de las propiedades mecánicas del concreto elaborado con cemento tipo ICO. Se consideraron las siguientes resistencias promedio en el diseño de mezcla:  $f'_{cr} = 294$  kg/cm<sup>2</sup> (a) - 210 kg/cm<sup>2</sup> (b) - 280 kg/cm<sup>2</sup> (c).

**Tabla 9**

*Resultados de las propiedades mecánicas del concreto elaborado con cemento tipo ICO*

Tipo de cemento	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	% $f'_{cr}$	14 días	% $f'_{cr}$	28 días	% $f'_{cr}$
Pacasmayo ICO (a)	-	-	-	-	302.11	102.76%
Inka ICO (b)	-	-	-	-	228.44	108.78%
Pacasmayo ICO (b)	-	-	-	-	222.59	106.00%
Nacional ICO (b)	-	-	-	-	219.33	104.44%
Pacasmayo ICO (b)	154.00	73.33%	202.00	96.19%	255.00	121.43%
Pacasmayo ICO (c)	200.09	71.46%	234.49	83.75%	299.20	106.86%
Pacasmayo ICO (b)	112.79	53.71%	157.95	75.21%	226.49	107.85%
<b>Promedio</b>		66.17%		85.05%		108.30%

En esta tabla se muestran los resultados de las propiedades mecánicas del concreto  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con cemento tipo ICO.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 10 se puede observar un cuadro resumen de las propiedades mecánicas del concreto elaborado con cemento tipo GU. Se consideraron las siguientes resistencias promedio en el diseño de mezcla:  $f'_{cr} = 294$  kg/cm<sup>2</sup> (a) -  $210$  kg/cm<sup>2</sup> (b) -  $298$  kg/cm<sup>2</sup> (c) -  $280$  kg/cm<sup>2</sup> (d)

**Tabla 10**
*Resultados de las propiedades mecánicas del concreto elaborado con cemento tipo ICO*

Tipo de cemento	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
	7 días	% $f'_{cr}$	14 días	% $f'_{cr}$	28 días	% $f'_{cr}$
Mochica GU (a)	213.01	72.45%	-	-	308.76	105.02%
Quisqueya GU (b)	-	-	-	-	297.61	141.72%
Holcim GU (c)	171.31	57.49%	202.92	68.09%	301.84	101.29%
Quisqueya GU (a)	306.47	104.24%	391.63	133.21%	414.78	141.08%
Holcim GU (d)	189.47	67.67%	248.55	88.77%	296.96	106.06%
<b>Promedio</b>		75.46%		96.69%		119.03%

En esta tabla se muestran los resultados de las propiedades mecánicas del concreto  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con cemento tipo GU.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 17, se compara el % de la resistencia a la compresión a los 7 días de curado del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

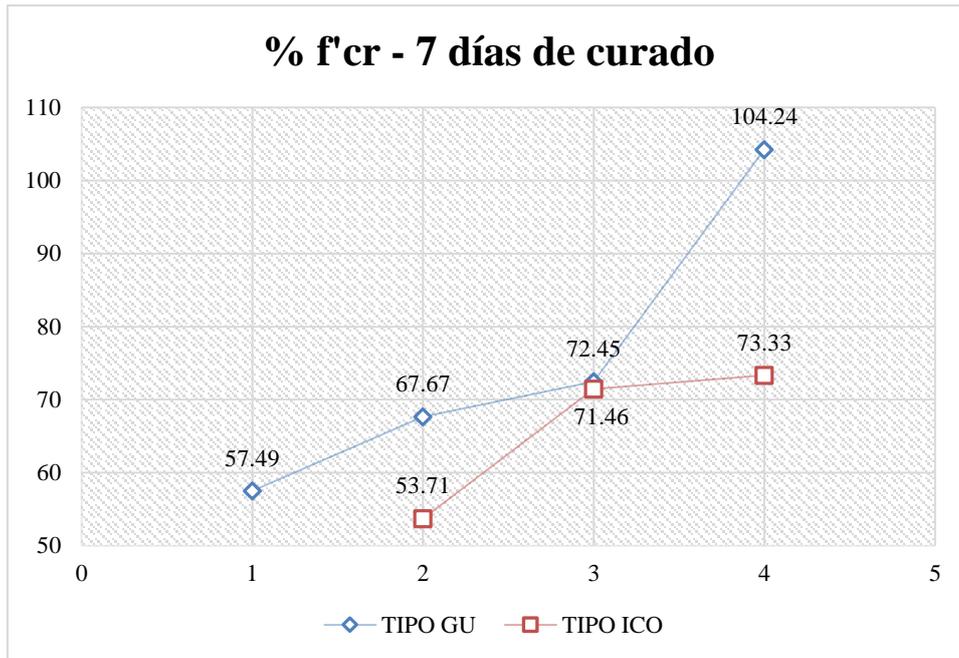


Figura N.º 17: Comparación de la resistencia a la compresión a los 7 días de curado.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 18, se compara el % de la resistencia a la compresión promedio a los 7 días de curado del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

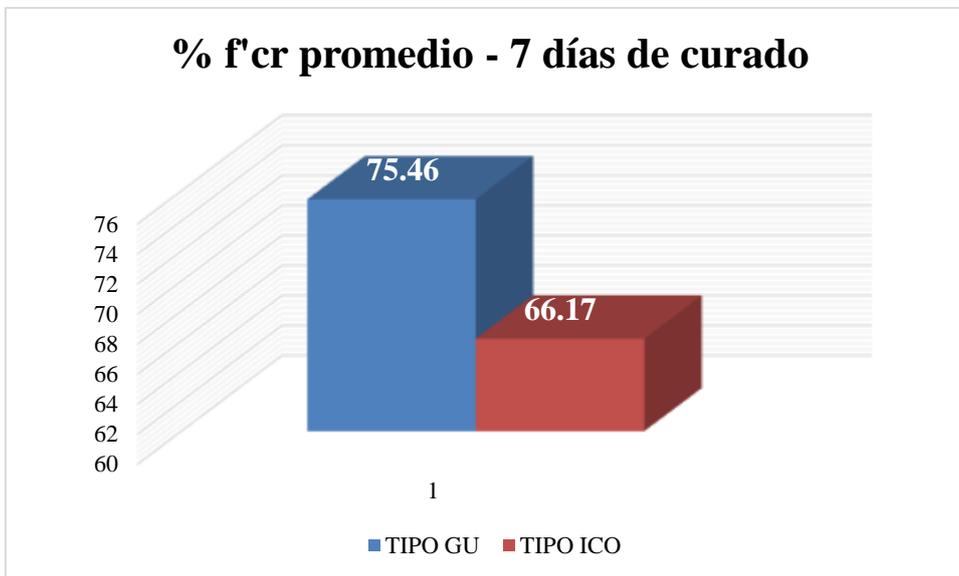


Figura N.º 18: Comparación de la resistencia a la compresión promedio a los 7 días de curado.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 19, se compara el % de la resistencia a la compresión a los 14 días de curado del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

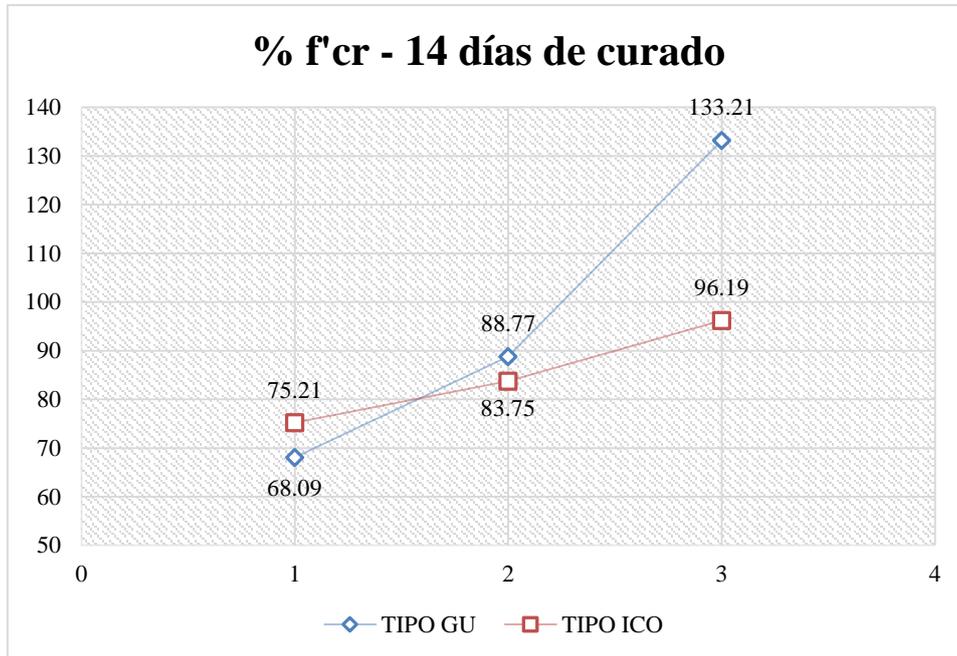


Figura N.º 19: Comparación de la resistencia a la compresión a los 14 días de curado.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 20, se compara el % de la resistencia a la compresión promedio a los 14 días de curado del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

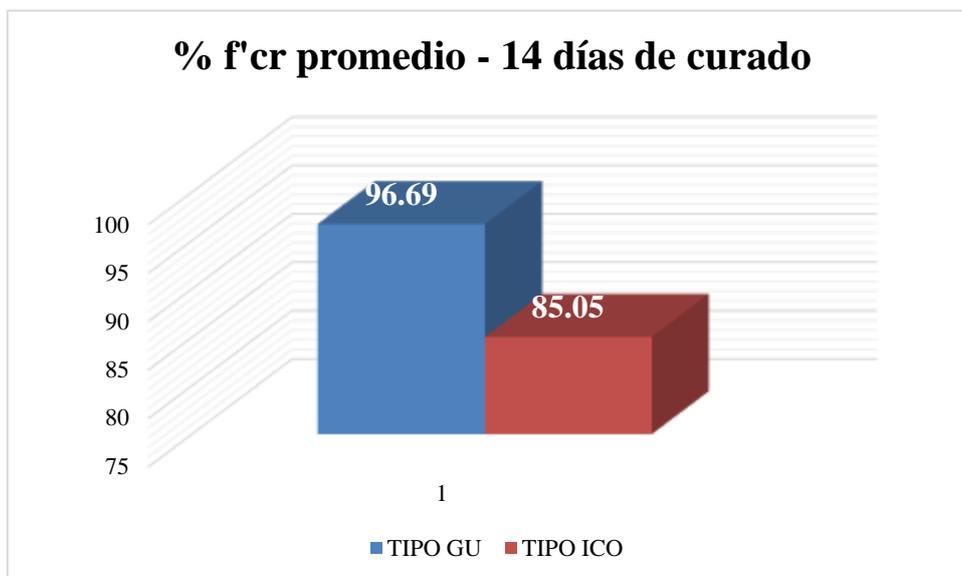


Figura N.º 20: Comparación de la resistencia a la compresión promedio a los 14 días de curado.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 21, se compara el % de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

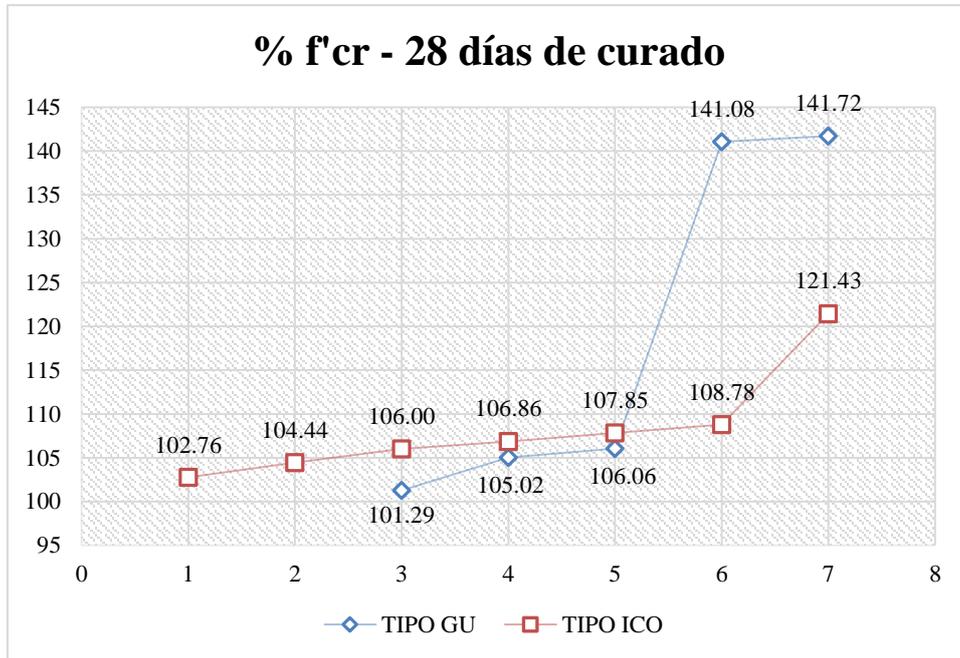


Figura N.º 21: Comparación de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 22, se compara el % de la resistencia a la compresión promedio a los 28 días de curado del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

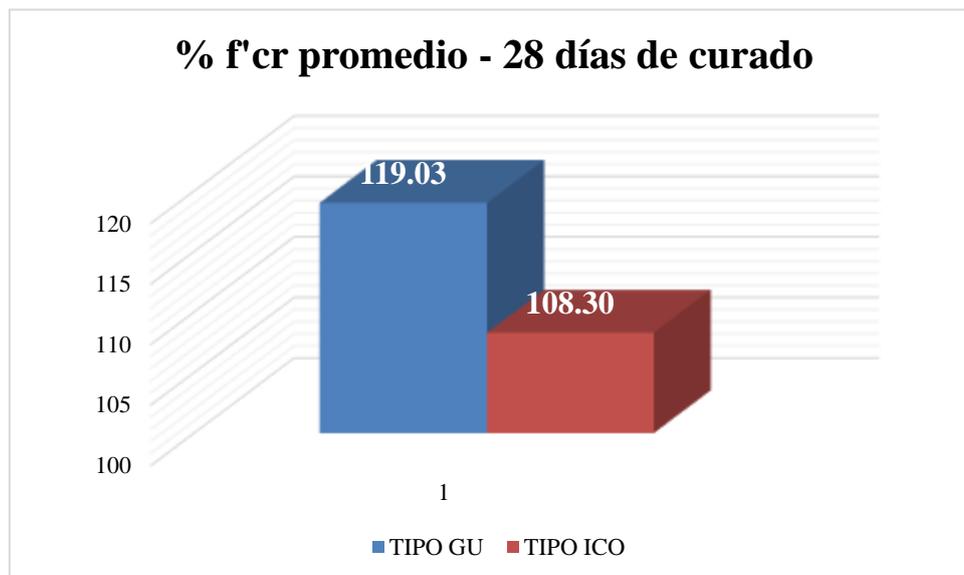


Figura N.º 22: Comparación de la resistencia a la compresión promedio a los 28 días de curado.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa en la figura 23, se compara el % de la resistencia a la compresión promedio a los 7, 14 y 28 días de curado del concreto elaborado con cementos tipo ICO y GU.

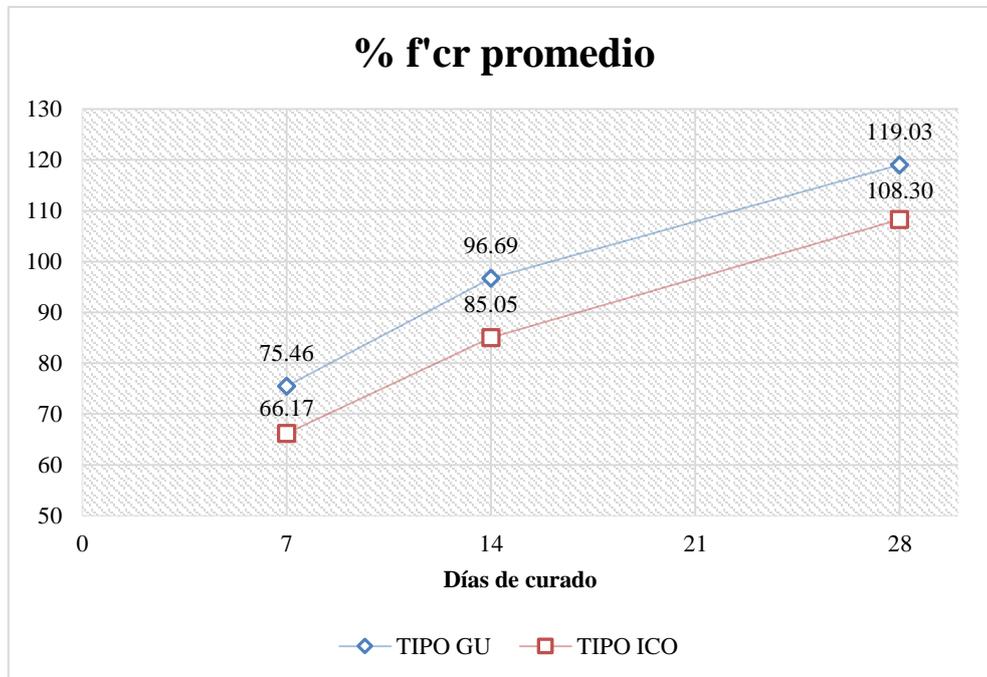


Figura N.º 23: Comparación de la resistencia a la compresión promedio.

**Fuente:** Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Propiedades físicas

##### a. Temperatura

De los 2 tipos de cemento, el tipo ICO fue el que obtuvo la mayor y menor temperatura de mezcla con valores de 21.5°C y 20.5°C respectivamente, mientras que el cemento tipo GU obtuvo unos valores de 21°C y 21.5°C. Sin embargo, el tipo GU fue el que presentó una mayor temperatura promedio con un valor de 21.25°C, en comparación con los 21°C del tipo ICO; estas temperaturas no dependen únicamente del tipo de cemento, sino también, de las condiciones ambientales, los tiempos de vaciado, el tamaño de los elementos estructurales a vaciar, los agregados, entre otros.

Tanto el tipo ICO como el GU cumplen con lo establecido en la ASTM C 150(Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), que establece que la temperatura del concreto debe ser como máximo de 32 °C en el momento de la colocación, con el fin de que la mezcla no pierda manejabilidad ni consistencia. No obstante, al comparar ambos tipos de cemento, el tipo ICO es el que presenta un mejor desempeño en este aspecto; considerando que la temperatura ideal para la colocación del concreto es de 15 °C.

Por lo tanto, el tener un adecuado control de la temperatura desde las etapas iniciales en el concreto, hasta que se encuentra vertido en el elemento estructural y se desarrolla el fraguado, garantiza asegurar su calidad; ya que en caso de presentarse temperaturas excesivas, se verían comprometidas la durabilidad y la resistencia a la compresión.

De las 3 marcas de cemento tipo ICO, el INKA fue el que obtuvo la mayor temperatura promedio de reacción con un valor de 21.50 °C, esto se debe a que este cemento tiene un mayor porcentaje de silicato tricálcico, el cual es el encargado de brindar la capacidad exotérmica de la mezcla de concreto. A comparación del cemento PACASMAYO y NACIONAL que obtuvieron una temperatura de 20.74 °C y 20.50 °C. Y de las 2 marcas de cemento tipo GU, el QUISQUEYA fue el que obtuvo la mayor temperatura promedio de reacción con un valor de 21.3 °C, esto se debe a que este cemento tiene un mayor porcentaje de silicato tricálcico y trióxido de azufre, el cual se encarga de retardar el proceso de fraguado para procurar tener una hidratación menos violenta. A comparación del cemento MOCHICA que obtuvo una temperatura de 21.04 °C según los resultados encontrados en la investigación de Ruiz y Vasallo, 2018.

#### **b. Asentamiento**

De los 2 tipos de cemento, el tipo ICO fue el que obtuvo el mayor asentamiento con un valor de 85 mm, el cual indica que la mezcla con este tipo de cemento tiene una consistencia plástica y una buena trabajabilidad; mientras que el cemento tipo GU obtuvo el menor asentamiento con un valor de 45 mm, el cual indica que la mezcla con este tipo de cemento tiene una consistencia seca y una poca trabajabilidad.

De igual manera, el tipo ICO fue el que presentó un mayor asentamiento promedio con un valor de 72 mm, el cual indica que la mezcla con este tipo de cemento tiene una consistencia plástica y una buena trabajabilidad. Por otra parte, el tipo GU obtuvo un asentamiento promedio de 51.67 mm, el cual

indica que la mezcla con este tipo de cemento tiene una consistencia seca y una poca trabajabilidad. Por lo tanto, al comparar ambos tipos de cemento, el tipo ICO es el que presenta un mejor desempeño en este aspecto, teniendo en cuenta que el asentamiento de diseño fue de 3" – 4".

Los asentamientos obtenidos a las mezclas de concreto preparadas con AGUA DE RIO MOCHE, AGUA SUBTERRÁNEA Y AGUA POTABLE, teniendo resultados de 7.92, 8.35 y 8.56 cm respectivamente. De estos resultados podemos concluir que nuestras mezclas de concreto eran de consistencia normal y de buena manejabilidad, obteniendo resultados de asentamiento muy cercanos al asentamiento de diseño que fue de 3"-4", lo que quiere decir que la mezcla tiene una cantidad de agua óptima según los resultados encontrados en la investigación de Cruzado y Li, 2015.

### c. Rendimiento

De los 2 tipos de cemento, tanto el tipo ICO como el GU obtuvieron el mayor rendimiento, siendo este valor de 0.97 m<sup>3</sup> por tanda; así mismo, el tipo ICO también fue el que obtuvo el menor rendimiento de ambos, el cual fue de 0.85 m<sup>3</sup> por tanda.

Al comparar ambos tipos de cemento, el tipo GU es el que presenta un mejor desempeño en este aspecto, ya que su rendimiento promedio fue de 0.97 m<sup>3</sup> por tanda; en comparación con el del tipo ICO, cuyo rendimiento promedio fue de 0.93 m<sup>3</sup> tanda, el cual es un valor lejano al valor de diseño, considerando que el diseño de mezcla se hizo para 1m<sup>3</sup> de concreto por tanda;

en estos casos, se debe verificar y realizar correcciones en el diseño de mezcla o en el estudio de los agregados.

De las 3 marcas de cemento tipo ICO; el INKA fue el que obtuvo un menor rendimiento promedio con un valor de 0.85 m<sup>3</sup> por tanda, esto se debe a que las proporciones de los agregados del diseño de mezcla para este cemento fueron mayores que las proporciones de los cementos PACASMAYO y NACIONAL, los cuales presentaron un rendimiento promedio de 0.97 m<sup>3</sup> por tanda. Y de las 2 marcas de cemento tipo GU; el MOCHICA y QUISQUEYA obtuvieron el mismo rendimiento promedio con un valor de 0.97 m<sup>3</sup> por tanda, esto se debe a que las proporciones de los agregados del diseño de mezcla de estas dos marcas fueron relativamente iguales. Cabe destacar que el cemento de la marca QUISQUEYA tiene una mejor resistencia a la compresión según los resultados encontrados en la investigación de Ruiz y Vasallo, 2018.

#### **d. Contenido de aire**

De los 2 tipos de cemento, el tipo ICO fue el que obtuvo el mayor y menor % de contenido de aire con valores de 1.5% y 1% respectivamente; mientras que el tipo GU presentó unos valores de 1.2%.

Al comparar ambos tipos de cemento, el tipo GU con valor de contenido de aire promedio de 1.2% es el que presenta un mejor desempeño en este aspecto, ya que a menor % mayor será la resistencia a la compresión; sin embargo, el tipo ICO con un contenido de aire promedio de 1.23% presenta un valor tan

aceptable como el del tipo GU, considerando que el contenido de aire de diseño fue de 1.5%.

De las 3 marcas de cemento tipo ICO; el INKA fue el que obtuvo un menor contenido de aire promedio con un valor de 0.98%, esto se debe a su plasticidad y molienda fina, la cual no permite la formación de vacíos de aire dentro de la mezcla. A comparación de los cementos PACASMAYO y NACIONAL, los cuales presentaron un contenido de aire promedio de 1.54% y 1.15% respectivamente. Y de las 2 marcas de cemento tipo GU; el QUISQUEYA fue el que obtuvo un menor contenido de aire promedio con un valor de 1.20%, esto se debe a que este cemento presenta un mayor calor de hidratación que ocasiona un crecimiento de cristales más acelerados al inicio del fraguado los cuales no permiten la creación de vacíos para la acumulación de aire; el cemento MOCHICA obtuvo un contenido de aire promedio de 1.22% según los resultados encontrados en la investigación de Ruiz y Vasallo, 2018.

#### **e. Peso unitario**

De los 2 tipos de cemento, el tipo GU fue el que obtuvo el mayor peso unitario con un valor de 2367 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el tipo ICO fue el que obtuvo el menor peso unitario con un valor 2331 kg/m<sup>3</sup>, los cuales indican que es un concreto normal o convencional; además, suelen variar ya que el peso unitario depende de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento.

Al comparar ambos tipos de cemento, el tipo ICO con un valor promedio de  $2335 \text{ kg/m}^3$  es el que mejor se desempeña en este aspecto, ya que es ligeramente más liviano que el del tipo GU, el cual presentó un valor promedio de  $2344.67 \text{ kg/m}^3$ ; no obstante, ambos tipos de cemento se encuentran dentro del rango establecido para el peso unitario del concreto convencional, el cual tiene que estar entre los  $2200 \text{ kg/m}^3$  y  $2400 \text{ kg/m}^3$ .

De las 3 marcas de cemento tipo ICO; la PACASMAYO fue el que obtuvo un mayor peso unitario promedio con un valor de  $2440 \text{ kg/m}^3$ , esto debido a que presenta un porcentaje de óxido de magnesio de tan solo 1.3%, lo cual lo hace más compacto a comparación de las otras marcas. Los cementos INKA y NACIONAL obtuvieron un peso unitario de  $2433.52 \text{ kg/m}^3$  y de  $2433.52 \text{ kg/m}^3$  respectivamente según los resultados encontrados en la investigación de Ruiz y Vasallo, 2018.

El cemento tipo GU; de la marca HOLCIM obtuvo un peso unitario promedio de  $2366.25 \text{ kg/m}^3$ , el cual se debe a que este cemento produce una sinergia más compacta entre todos sus componentes según los resultados encontrados en la investigación de Guaminga y Paucar, 2018.

#### **4.1.2. Propiedades mecánicas**

##### **a. Resistencia a la compresión**

A los 7 días de curado, la mezcla de concreto hecha con cemento tipo GU fue la que desarrolló la mayor resistencia a la compresión con respecto a la resistencia promedio de diseño, con un valor de  $306.47 \text{ kg/cm}^2$ , el cual significa un 104.24% de la resistencia promedio; mientras que la mezcla

hecha a base de cemento tipo ICO fue la que desarrolló la menor resistencia a la compresión con respecto a la resistencia promedio de diseño, con un valor de  $112.79 \text{ kg/cm}^2$ , el cual significa un 53.71% de la resistencia promedio.

Al comparar ambos tipos de cemento, el tipo GU fue el que obtuvo un mayor % de resistencia a la compresión promedio, con un valor de 75.46%; a comparación del 66.17% que obtuvo el cemento tipo ICO. Tanto el tipo GU como el tipo ICO no cumplen con el % de resistencia requerido por la ASTM a los 7 días de curado, la cual especifica que al séptimo día de curado el % de resistencia a la compresión debe de ser de al menos 80% de la resistencia de diseño.

Tanto en la tabla N<sup>a</sup> 36 cumple con los requerimiento del 80% de la carga máxima según  $f_c$  de diseño, equivale al 80 % de  $210 \text{ kg/cm}^2$  es  $168 \text{ kg/cm}^2$  superando en un 30 % Qhuna a Pacasmayo. Sin embargo en la tabla N<sup>a</sup> 37 el promedio de carga es de  $154 \text{ kg/cm}^2$  cuando este número equivale al 73% del  $f_c 210 \text{ kg/cm}^2$ , en este caso Pacasmayo no logra cumplir con el porcentaje requerido según la norma del ASTM C 31 según los resultados encontrados en la investigación de Varas y Villanueva, 2017.

A los 14 días de curado, la mezcla de concreto hecha con cemento tipo GU fue la que desarrolló la mayor y menor resistencia a la compresión con respecto a la resistencia promedio de diseño, con valores de  $391.63 \text{ kg/cm}^2$  y  $202.92 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, los cuales significan un 133.21% y 68.09% de la resistencia promedio; mientras que la mezcla hecha a base de cemento tipo ICO desarrolló unas resistencias a la compresión con respecto a sus

resistencia promedio de diseño de  $202.00 \text{ kg/cm}^2$  y  $157.95 \text{ kg/cm}^2$ , los cuales significan un 96.19% y 75.21% respectivamente de sus resistencias promedio. Al comparar ambos tipos de cemento, el tipo GU fue el que obtuvo un mayor % de resistencia a la compresión promedio, con un valor de 96.69%; a comparación del 85.05% que obtuvo el cemento tipo ICO. El tipo GU cumple con el % de resistencia requerido por la ASTM a los 14 días de curado, la cual especifica que al catorceavo día de curado el % de resistencia a la compresión debe de ser de al menos 90% de la resistencia de diseño; mientras que el tipo ICO no logra cumplir con esta norma.

Para un concreto cuya resistencia de diseño es de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , las resistencias a la compresión que se logran con el empleo de los diferentes cementos son: Quisqueya  $306.47 \text{ kg/cm}^2$ ; Sol  $256.20 \text{ kg/cm}^2$ ; Inka  $252.13 \text{ kg/cm}^2$  y Topex  $165.95 \text{ kg/cm}^2$ , en el periodo de 14 días según los resultados encontrados en la investigación de Villegas y Corrales, 2013.

A los 28 días de curado, la mezcla de concreto hecha con cemento tipo GU fue la que desarrolló la mayor y menor resistencia a la compresión con respecto a la resistencia promedio de diseño, con valores de  $297.61 \text{ kg/cm}^2$  y  $301.84 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, los cuales significan un 141.72% y 101.29% de la resistencia promedio; mientras que la mezcla hecha a base de cemento tipo ICO desarrolló unas resistencias a la compresión con respecto a sus resistencias promedio de diseño de  $255.00 \text{ kg/cm}^2$  y  $302.11 \text{ kg/cm}^2$ , los cuales significan un 121.43% y 102.76% respectivamente de sus resistencias promedio.

Al comparar ambos tipos de cemento, el tipo GU fue el que obtuvo un mayor % de resistencia a la compresión promedio, con un valor de 119.03%; a comparación del 108.30% que obtuvo el cemento tipo ICO. Tanto el tipo GU como el tipo ICO cumplen con el % de resistencia requerido por la ASTM a los 28 días de curado, la cual específica que al veintiochoavo día de curado el % de resistencia a la compresión debe de ser de al menos 100% de la resistencia de diseño.

Por lo tanto, ambos tipos de cemento cumplen con el % de resistencia requerido por la ASTM a los 28 días de curado; sin embargo, el tipo GU presenta un mejor desempeño en este apartado, tanto a los 28 días como a los 7 y 14 días de curado, considerando que la resistencia a la compresión es la propiedad más importante a tener en cuenta del concreto en estado endurecido.

Las resistencias de las probetas de concreto que han sido muestreadas, ensayadas y curadas bajo condiciones de las normas vigentes, a los 28 días son: la realizada con el agua del río moche tiene un promedio de 186.26  $\text{kg/cm}^2$ , la realizada con el agua subterránea tiene un promedio de 238.01  $\text{kg/cm}^2$ , y la realizada con el agua potable tiene un promedio de 226.49  $\text{kg/cm}^2$ ; las que representan la mejor resistencia potencial del concreto especificado de 210  $\text{kg/cm}^2$ , utilizado para el diseño según los resultados encontrados en la investigación de Cruzado y Li, 2015.

## 4.2. Conclusiones

- ✓ Se logró comparar las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborado a base de cemento tipo ICO y GU; gracias al análisis documental de diferentes investigaciones, las cuales evaluaron las propiedades del concreto de manera experimental.
- ✓ De la comparación realizada, se concluye que la temperatura del concreto con cemento tipo ICO es levemente menor a la temperatura del concreto con cemento tipo GU; no obstante, ambos cementos cumplen con lo establecido en la ASTM, que indica que la temperatura del concreto debe ser como máximo de 32 °C.
- ✓ Producto de la interpretación de resultados, se concluye que el concreto elaborado con cemento tipo ICO tiene una consistencia plástica y una buena trabajabilidad; mientras que el del tipo GU tiene una consistencia seca y una poca trabajabilidad.
- ✓ Del análisis comparativo, se concluye que el concreto con cemento tipo GU presenta un mejor rendimiento por tanda que el del tipo ICO, siendo estos valores de 0.97 m<sup>3</sup> y 0.93 m<sup>3</sup> respectivamente.
- ✓ De la comparación realizada, se concluye que el contenido de aire de 1.2% del concreto con cemento tipo GU es ligeramente menor al del tipo ICO, el cual es de 1.23%; sin embargo, tanto el tipo ICO como GU presentan un amplio margen de diferencia con respecto al contenido de aire de diseño de 1.50%, lo que favorece a la resistencia a la compresión.
- ✓ Del análisis comparativo entre los concretos, se concluye que el del tipo ICO consiguió un menor peso unitario que el del tipo GU, siendo estos valores de 2335 kg/m<sup>3</sup> y 2344.67 kg/m<sup>3</sup> respectivamente; además, ambos cementos se encuentran dentro del margen de un concreto normal o convencional, el cual es de entre 2200 kg/m<sup>3</sup> a 2400 kg/m<sup>3</sup>.

- ✓ Producto de la interpretación de resultados, se concluye que la resistencia a la compresión del concreto con cemento tipo GU alcanza mayores resistencias a los 7,14 y 28 días de curado que el concreto con cemento tipo ICO; no obstante, ambos cementos desarrollan la resistencia requerida a los 28 días.
- ✓ Se determinó que el comportamiento del concreto con cemento tipo ICO presenta un mejor desempeño que el del concreto con cemento tipo GU en: temperatura, asentamiento y peso unitario; pero no en: contenido de aire, rendimiento y resistencia a la compresión. Por lo tanto, no se valida la hipótesis de la investigación
- ✓ Luego de haber realizado el análisis comparativo, se llega a la conclusión que los concretos  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> hechos con cemento tipo ICO presentan un ligero mejor desempeño que los concretos hechos con cemento tipo GU, considerando que ambos cementos presentan propiedades físicas y mecánicas con valores muy similares, cuyas diferencias no son tan importantes; además que cumplen con los requisitos solicitados para concretos que no soliciten requerimientos especiales. Sin embargo, la calidad del concreto no depende exclusivamente del tipo de cemento; sino también, de la temperatura, del diseño de mezcla y de la calidad de los agregados grueso y fino, los cuales deben tener un adecuado estudio de sus propiedades previo a la elaboración del concreto, ya que son estos los que definen su trabajabilidad, consistencia, cohesión, fluidez, contenido de aire, peso unitario, resistencia a la compresión, entre otros.
- ✓ Finalmente, se fueron encontrando algunas limitaciones durante el desarrollo de esta tesis, la más importante fue la imposibilidad de desarrollar esta tesis de manera experimental, debido a la crisis sanitaria por la que atraviesa el mundo entero. Otra de las limitaciones y no menos importante, fue el reducido tamaño de la muestra, debido a la poca cantidad de investigaciones que han evaluado las mismas variables

que esta tesis, ya que la mayoría de investigaciones de concreto evalúan el efecto que tienen los aditivos en las propiedades del concreto.

## REFERENCIAS

- Argos. (2010). *Control de calidad del concreto en obra*. Recuperado de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/wp-content/uploads/2016/02/WEB-control-calidad.pdf>
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (2020). *Control de las temperaturas en el concreto*. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/buenas-practicas/control-de-las-temperaturas-en-el-concreto>
- Asociación de Productores de Cemento. (2016). *Proceso de fabricación del cemento*. Recuperado de <http://www.asocem.org.pe/productos-a/cual-es-el-proceso-de-fabricacion-del-cemento>
- Bermudez, D. & Cadena, H. (2015). *Correlación entre la resistencia al esfuerzo de compresión y tracción del hormigón, utilizando agregados de las canteras de Pifo y San Antonio, cemento Holcim tipo GU*. (Tesis de Titulación). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
- Castellon, H. & Ossa, K. (2013). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cemento tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes*. (Tesis de Titulación). Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.
- Cementos Pacasmayo S.A.A. (2017). *Política de calidad*. Recuperado de: <http://www.cementospacasmayo.com.pe/desarrollo-sostenible/calidad/>
- Construrama. (2020). *Cemex, Cemento gris Cpc40 Granel, Tonelada* [Gráfico]. Recuperado de <https://www.construrama.com/acisa/catalogo/cemento/cemento-granel/cemex-cemento-gris-cpc40-granel-tonelada/p/0104000002>

- Corrales, M. & Villegas V. (2013). *Resistencias y costos unitarios de concretos fabricados con cementos utilizados en Huaraz con agregados de la cantera Taclán y topex-concreto listo*. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Cortes, E. & Perilla, J. (2014). *Estudio comparativo de las características físico - mecánicas de cuatro cementos comerciales portland tipo I*. (Tesis de Titulación). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Cruzado, H. & Rivera, B. (2019). *Influencia de tipos de incorporador de aire sobre el asentamiento, aire total, absorción, peso unitario y compresión del concreto a bajas temperaturas*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Cruzado, J. & Li M. (2015). *Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional teniendo como variable el agua utilizada en el mezclado*. (Tesis de Titulación). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Cueva, E. & Muñoz, C. (2016). *Características del concreto en estado fresco y endurecido fabricado con agregado global del rio canchan, Chillia-Pataz-La Libertad*. (Tesis de Titulación). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Espinoza, E. (2017). *Capeco: El 70% de viviendas en Lima son informales y vulnerables a un terremoto*. Recuperado de <https://rpp.pe/economia/economia/capeco-el-70-de-viviendas-en-lima-son-construidas-sin-normas-tecnicas-noticia-1078934#:~:text=El%20presidente%20de%20la%20C%3%A1mara,informal%20%20sin%20seguir%20normas%20t%C3%A9cnicas>.
- Fernández, M. (2011). *Hormigón*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

- Gallo, F. & Saavedra, A. (2015). *Análisis comparativo del comportamiento de los concretos utilizando cemento blanco Tolteca y cemento gris Sol*. (Tesis de Titulación). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Guaminga, E. & Paucar, L. (2012). *Estudio comparativo de la reactividad álcali – agregado entre hormigones fabricados con cemento tipo HE y hormigones fabricados con cemento tipo IP, en combinación con agregados de la zona de El Chontal – Ecuador*. (Tesis de Titulación). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Hoyos, E. (2013) *Estudio de los agregados de cantera "cruce chanango" de la ciudad de Jaén - Cajamarca, para su uso en la elaboración de concreto  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>*. Cajamarca.
- INGJHONNYGARCIAUPN. (2013). *Conceptos generales sobre el concreto y los materiales para su elaboración* [Gráfico]. Recuperado de <https://ingjohnnygarciaupn.wordpress.com/2013/02/09/conceptos-generales-sobre-el-concreto-y-los-materiales-para-su-elaboracion>
- Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C. (2005). *Propiedades del concreto*. Ciudad de México: Instituto mexicano del cemento y del concreto A.C.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). *INEI: Estadísticas Sectoriales, Construcción*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/sector-statistics/>
- Instituto nacional de la calidad. (2011). *Norma técnica peruana 334.082*. Lima.
- Instituto Nacional de la Calidad. (2013). *Norma técnica peruana 334.090*. Recuperado de <https://www.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-cementos-334090>

- National Ready Mixed Concrete Association. (2017). *CIP 8 – Discrepancias con el rendimiento*. Recuperado de <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/08pes.pdf>
- Navarro, S. (2010). *Propiedades principales del concreto*. Recuperado de <http://civilgeeks.com/2011/12/11/propiedades-principales-del-concreto/>
- Ruiz, R. & Vasallo, M. (2018). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos elaborados con cementos ICO, MS Y UG*. (Tesis de Titulación). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- Sánchez, F. & Tapia, R. (2015). *Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días*. (Tesis de Titulación). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- SODIMAC. (2020). *Cemento Portland Extraforte Ico 42.5kg Pacasmayo* [Gráfico]. Recuperado de <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/1132792/cemento-portland-extraforte-ico-425kg-pacasmayo>
- SODIMAC. (2020). *Cemento Portland Tipo Gu 42.5kg Mochica* [Gráfico]. Recuperado de <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/2389746/Cemento-Portland-Tipo-Gu-425kg-Mochica/2389746>
- Tobon, M. (2009). *Evaluación del desempeño del cemento portland tipo III adicionado con sílice de diferentes tamaño de partícula*. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Vera, J. V. (2011). *Tecnología de los materiales*. Chimbote: Universidad Nacional del Santa.

Varas, N. & Villanueva, Y. (2017). Análisis comparativo de los tiempos de fraguado y resistencia de un concreto  $f_c 210$  kg/cm<sup>2</sup> del cemento Pacasmayo y Qhuna. (Tesis de Titulación). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

**ANEXOS**

## ANEXO n.º 1. Investigaciones seleccionadas para el desarrollo de esta tesis

<b>Título</b>	<b>Autor (es)</b>	<b>Problema</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Variables</b>	<b>Tipo de cemento</b>	<b>Muestra</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusiones</b>
"RELACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO A EDADES DE 3, 7, 14, 28 Y 56 DIAS RESPECTO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO A EDAD DE 28 DIAS"	Sánchez Muñoz, Fernando Lorenzo / Tapia Medina, Robinson David	¿Cuál es la relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días?	Determinar la relación entre la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días.	Dependiente: Cilindros de concreto. Independiente: Resistencia a la compresión.	Tipo ICO	15 probetas por cada relación a/c.	Tablas y gráficos estadísticos.	Las resistencias máximas obtenidas a los 28 días, es posible usarlas como resistencias promedios requeridas para dosificaciones de mezclas,
								Las resistencias de las probetas de concreto que han sido realizadas, ensayadas y curadas bajo

<p>"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS TIEMPOS DE FRAGUADO Y RESISTENCIA DE UN CONCRETO F'C 210 KG/CM2 DEL CEMENTO PACASMAYO Y QHUNA"</p>	<p>Varas Ramírez, Nataly Regina / Villanueva Anticon, Yanira Lisset</p>	<p>¿Cuáles son los tiempos de fraguado y resistencia de un concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> usando cemento Qhuna y Pacasmayo?</p>	<p>Realizar el análisis comparativo de los tiempos de fraguado y resistencia de un concreto <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> del cemento Qhuna y Pacasmayo.</p>	<p>Dependiente: Cemento Qhuna y Pacasmayo. Independiente: Tiempos de fraguado y Resistencia a la compresión.</p>	<p>Tipo ICO</p>	<p>12 probetas por cada relación a/c y marca de cemento.</p>	<p>Tablas y gráficos estadísticos.</p>	<p>condiciones de las normas en vigencia; a los 3, 7, 14 y 28 días de ambos cementos. En cementos Pacasmayo se logró cumplir con el 100% a los 28 días de curado con una resistencia <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math>. Sin embargo, en cementos Qhuna llego a cubrir un 128% de su carga máxima obteniendo de esta manera una resistencia de <math>269 \text{ kg/cm}^2</math> logrando concluir que a pesar que ambos cementos tuvieron el mismo <math>f'c</math> de diseño ambos</p>
--	---	--	---	--	-----------------	--	--	---

								varían de acuerdo a su resistencia.
"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO CONVENCIONAL TENIENDO COMO VARIABLE EL AGUA UTILIZADA EN EL MEZCLADO"	Cruzado Guevara, Jorge Luis / Li Zavaleta, Marcelo	-	Comparar las resistencias a compresión obtenidas en el laboratorio de muestras de concreto de $210 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando cemento extraforte Ico fabricadas con los diferentes tipos de agua (POTABLE, SUBTERRANEA, RIO).	Dependiente: Resistencia a la compresión del concreto. Independiente: Agua de mezcla.	Tipo ICO	24 probetas.	Tablas y gráficos estadísticos.	Al analizar los resultados, estos son aceptables, el concreto realizado con agua subterránea y con el agua potable, ya que el promedio de todas las series de sus resultados de tres muestras consecutivas es superior a la resistencia de diseño especificada. Además ningún resultado está en más de $35 \text{ Kg/cm}^2$ por debajo de la resistencia a la compresión especificada. Se

								descarta para uso de preparar y utilizar el concreto el agua del río moche.
"ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS CONCRETOS ELABORADOS CON CEMENTOS ICO, MS Y UG"	Ruiz Uceda, Renzo Francisco / Vasallo Barrios, Michael	¿Cuál es el desempeño de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos elaborados con cementos ICO, MS Y UG?	Determinar el cemento ICO, MS y UG que presenta las mejores propiedades físicas y mecánicas al elaborar concretos.	Dependiente: Propiedades físicas y mecánicas. Independiente: Cementos ICO, MS y UG.	Tipo ICO y GU	30 probetas por cada marca de cemento.	Tablas y gráficos estadísticos.	Se ejecutó el ensayo de resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido elaborado con cementos ICO, MS y UG; concluyendo que para los cementos tipo ICO el cemento INKA posee un mayor promedio de resistencia a la compresión con un valor de $228.44 \text{ kg/cm}^2$ , para los cementos tipo MS el cemento

								MOCHICA posee un mayor promedio de resistencia a la compresión con un valor de $278.75 \text{ kg/cm}^2$ y para los cementos tipo UG el cemento QUISQUEYA posee un mayor promedio de resistencia a la compresión con un valor de $297.61 \text{ kg/cm}^2$ .
"ESTUDIO DE LOS AGREGADOS DE CANTERA "CRUCE CHANANGO" DE LA CIUDAD DE JAÉN - CAJAMARCA, PARA SU USO EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ "	Hoyos Quiroz, Edgar	-	Aplicar los parámetros de las propiedades físicas y mecánicas para la dosificación y realización en laboratorio de un concreto con resistencia a la compresión	Dependiente: Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Independiente: Agregados de cantera "Cruce Chanango".	Tipo GU	10 probetas por cada relación A/C	Tablas y gráficos estadísticos.	Luego de realizar los diseños de mezclas con las relaciones agua cemento ( $a/c=0.50$ , $a/c=0.55$ , $a/c=0.60$ ), hemos podido concluir que la relación

			$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , y calcular la relación agua - cemento que más se ajuste a las propiedades físicas y mecánicas de los agregados en estudio.					agua cemento más apropiada para la fabricación de concreto con $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con los agregados de la Cantera Cruce Chanango, es de $A/C = 0.54$ .
"CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO DE COMPRESIÓN Y TRACCIÓN DEL HORMIGÓN, UTILIZANDO AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE PIFO Y SAN ANTONIO, CEMENTO HOLCIM TIPO GU"	Bermudez Andrade, Dario Javier / Cadena Perugachi, Hugo Alexander	-	Determinar experimentalmente la correlación que existe entre el esfuerzo de tracción y el esfuerzo de compresión del hormigón simple, utilizando como base el ensayo brasilero en el caso de la tracción de cilindros para probetas cilíndricas estándar.	Dependiente: Resistencia al esfuerzo de compresión y tracción. Independiente: Agregados de las canteras "Pifo" y "San Antonio".	Tipo GU	20 probetas por cada cantera.	Tablas y gráficos estadísticos.	Es fundamental argumentar como complemento de lo establecido que dentro de las normas y manuales internacionales el "ft" está comprendido entre el 10% al 12% del valor $f'c$ , más en el caso de los materiales usados para el desarrollo de la investigación no se cumple por

								completo, ya que se cuenta con valores entre el 18% al 8% aproximadamente, esto se da debido a las condiciones de los materiales con los que se cuenta localmente, los mismos que no cuentan con la debida industrialización o procesamiento para su uso en la fabricación de hormigones.
“RESISTENCIAS Y COSTOS UNITARIOS DE CONCRETOS FABRICADOS CON CEMENTOS UTILIZADOS EN HUARAZ CON AGREGADOS DE LA	Villegas Zamora, Víctor Raúl / Corrales Picardo, Miguel Ronald	¿Con cuál de los cementos: sol, quisqueya, inka y agregados de la cantera Tacllán,	Determinar con que marca de cemento: sol, quisqueya, inka y agregados de la cantera Tacllán, empleados en la fabricación de	Dependiente: Resistencia a la compresión y costos unitarios. Independiente: Marcas de cemento.	Tipo GU	6 probetas por cada marca de cemento y 3 probetas de concreto listo.	Tablas y gráficos estadísticos.	Para un concreto cuya resistencia de diseño es de $210 \text{ kg/cm}^2$ , empleando cemento quisqueya se logra la mayor

<p>CANTERA TACLÁN Y TOPEX- CONCRETO LISTO, HUARAZ-2013”</p>		<p>empleados en la fabricación de concreto en las mismas dosificaciones en peso y el topex-concreto listo, se alcanzará mayor resistencia a la compresión y a qué costos unitarios se los fabricará?</p>	<p>concreto y el topex-concreto listo, se alcanza mayor resistencia a la compresión y los costos unitarios de fabricación.</p>					<p>resistencia que es de <math>414.78 \text{ kg/cm}^2</math> y empleando topex-concreto listo la menor resistencia que es de <math>211.03 \text{ kg/cm}^2</math>, en el periodo de 28 días.</p>
<p>"ESTUDIO COMPARATIVO DE LA REACTIVIDAD ÁLCALI – AGREGADO ENTRE HORMIGONES FABRICADOS CON CEMENTO TIPO HE Y HORMIGONES FABRICADOS CON CEMENTO TIPO IP, EN COMBINACIÓN</p>	<p>Guaminga Pillajo, Edwin Eduardo / Paucar Quinga, Luis Felipe</p>		<p>Diseñar, comparar y comprobar la resistencia a compresión de hormigones fabricados con cemento tipo HE y hormigones fabricados con cemento tipo IP para diferentes resistencias <math>f'c</math> y</p>	<p>Dependiente: Reactividad Álcali - Agregado. Independiente: Hormigones.</p>	<p>Tipo GU</p>	<p>66 probetas.</p>	<p>Tablas y gráficos estadísticos.</p>	<p>La guía de dosificación presentada por el ACI 211.1, utilizada para las distintas resistencias <math>f'c</math>: 140, 210, 250, 280, 300 <math>\text{kg/cm}^2</math>, dió como resultado altos esfuerzos a la</p>

<p>CON AGREGADOS DE LA ZONA DE EL CHONTAL - ECUADOR"</p>		<p>-</p>	<p>verificar cuál es el grado de reacción álcali – agregado para cada tipo de cemento utilizando el método acelerado de la barra de mortero.</p>					<p>compresión utilizando cemento H.E; lo contrario sucedió con el cemento GU-IP cuyos resultados están dentro del rango permisible según la norma ACTM C39.</p>
<p>"CARACTERISTICAS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO FABRICADO CON AGREGADO GLOBAL DEL RIO CANCHAN, CHILLIA-PATAZ-LA LIBERTAD"</p>	<p>Cueva Tantaquilla, Ever Jhonyy / Muñoz Verastegui, Cesar Kevin</p>	<p>¿Cuáles son las características del concreto en estado fresco y endurecido fabricado con agregado global del rio Canchan, Chillia-Pataz-La Libertad?</p>	<p>Determinar las características del concreto en estado fresco y endurecido fabricado con agregado global de rio Canchan.</p>	<p>Dependiente: Características. Independiente: Concreto en estado fresco y endurecido.</p>	<p>Tipo ICO</p>	<p>16 probetas por cada tipo de cemento.</p>	<p>Tablas y gráficos estadísticos.</p>	<p>Se realizaron los diseños de mezcla de concreto con los dos tipos de cemento portland (Ico y Ms). Ya que la distribución granulométrica del Agregado global del Rio Canchan se aproximan a la gradación propuesta por la</p>

								<p>parábola de Fuller, se utilizó el método del módulo de fineza para la mezcla de agregados y se determinaron las características del concreto en estado fresco y endurecido fabricado con Agregado Global de la cantera Rio Canchan, concluyendo que a menor relación A/C mayor será las resistencia del concreto.</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--

ANEXO n.º 2. Diseños de mezcla de las investigaciones seleccionadas

**Método ACI**

**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO		
		P.e	peso /p3	
CEMENTO	MOCHICA GU	3.15	42.5 Kg/Bol	
DESCRIPCION		AGREGADOS		
		UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		Pulg	Nº 4	3/4"
PESO ESPECIFICO		gr/cc	2.62	2.67
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1707.17	1492.89
PESO UNITARIO COMPACTADO		Kg/m3	1783.7	1520.61
CONTENIDO DE HUMEDAD		%	2.65	1.21
ABSORCION		%	2.46	1.13
MODULO DE FINEZA			3.12	---

a) Resistencia Requerida Promedio

$$f_{cp} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

b) Valores de Diseño

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	3/4"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.56
5.- Agua	205 Ltrs
6.- Total de aire	2.00%
7.- Volumen de A.G	0.588

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.117	367.0		367.00	1.00
AGREGADO FINO	0.323	846.0	0.19%	869.00	2.40
AGREGADO GRUESO	0.335	894.0	0.08%	905.00	2.50
AGUA	0.205	205.0	0.27%	203.00	23.46
AIRE	0.020				
				2366.00	

Rel A/C Efectiva	0.55
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO		
		P.e	peso /p3	
CEMENTO	MOCHICA GU	2.99	42.5 Kg/Bol	
DESCRIPCION		AGREGADOS		
		UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		Pulg	N° 4	1"
PESO ESPECIFICO		gr/cc	2.66	2.7
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1677.17	1402.89
PESO UNITARIO COMPACTADO		Kg/m3	1956.95	1595.24
CONTENIDO DE HUMEDAD		%	0.6	0.4
ABSORCION		%	1.51	0.46
MODULO DE FINEZA			2.81	---

**a) Resistencia Requerida Promedio**

$$f_{cp} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Valores de Diseño**

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	1"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.56
5.- Agua	193 Ltrs
6.- Total de aire	1.50%
7.- Volumen de A.G	0.669

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.115	345.0		345.00	1.00
AGREGADO FINO	0.281	747.0	-0.91%	751.00	2.18
AGREGADO GRUESO	0.395	1067.2	-0.06%	1071.00	3.10
AGUA	0.193	193.0	-0.97%	201.00	24.76
AIRE	0.015				
				2368.00	

Rel A/C Efectiva	0.58
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO	
		P.e	peso /p3
CEMENTO	QUISQ GU	3.00	42.5 Kg/Bol
DESCRIPCION	AGREGADOS		
	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	Pulg	Nº 4	1"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.66	2.7
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1677.17	1402.89
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1956.95	1595.24
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.6	0.4
ABSORCION	%	1.51	0.46
MODULO DE FINEZA		2.81	---

**a) Resistencia Requerida Promedio**

$$f_{cp} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Valores de Diseño**

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	1"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.56
5.- Agua	193 Ltrs
6.- Total de aire	1.50%
7.- Volumen de A.G	0.669

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.115	345.0		345.00	1.00
AGREGADO FINO	0.282	750.0	-0.91%	755.00	2.19
AGREGADO GRUESO	0.395	1067.2	-0.06%	1071.00	3.10
AGUA	0.193	193.0	-0.97%	201.00	24.76
AIRE	0.015				
				2372.00	

Rel A/C Efectiva	0.58
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO	
		P.e	peso /p <sup>3</sup>
CEMENTO	HOLCIM GU	2.81	50 Kg/Bol
DESCRIPCION	AGREGADOS		
	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	Pulg	3/8"	1/2"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.39	2.45
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m <sup>3</sup>	1460	1330
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m <sup>3</sup>	1550	1430
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.6	0.2
ABSORCION	%	5.5	2.25
MODULO DE FINEZA		3.16	---

**a) Resistencia Requerida Promedio**

$$f_{cp} = 298 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Valores de Diseño**

1.- Asentamiento	1" - 2"
2.- T.M	1/2"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.49
5.- Agua	136 Ltrs
6.- Total de aire	2.50%
7.- Volumen de A.G	0.514

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.123	290.0		290.00	1.00
AGREGADO FINO	0.342	806.0	-4.90%	830.00	2.86
AGREGADO GRUESO	0.435	987.0	-2.05%	999.00	3.45
AGUA	0.075	136.0	-6.95%	142.00	21.64
AIRE	0.025				
				2261.00	

Rel A/C Efectiva	0.50
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO	
		P.e	peso /p3
CEMENTO	HOLCIM GU	2.81	50 Kg/Bol
DESCRIPCION	AGREGADOS		
	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	Nº 4	3/4"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.52	2.41
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m <sup>3</sup>	1450	1430
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m <sup>3</sup>	1640	1540
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.18	0.07
ABSORCION	%	5.32	4.97
MODULO DE FINEZA		3.00	---

**a) Resistencia Requerida Promedio**

$$f_{cp} = 298 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Valores de Diseño**

1.- Asentamiento	1" - 2"
2.- T.M	3/4"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.55
5.- Agua	190 Ltrs
6.- Total de aire	2.00%
7.- Volumen de A.G	0.6

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.123	345.0		345.00	1.00
AGREGADO FINO	0.284	716.0	-5.14%	717.00	2.08
AGREGADO GRUESO	0.383	924.0	-4.90%	925.00	2.68
AGUA	0.190	190.0	-10.04%	272.00	33.51
AIRE	0.020				
				2259.00	

Rel A/C Efectiva	0.79
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO		
		P.e	peso /p3	
CEMENTO	QUISQ GU	3.00	42.5 Kg/Bol	
DESCRIPCION		AGREGADOS		
		UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO		Pulg	Nº 8	3/4"
PESO ESPECIFICO		gr/cc	2.59	2.66
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m <sup>3</sup>	1682	1336
PESO UNITARIO COMPACTADO		Kg/m <sup>3</sup>	1826	1542
CONTENIDO DE HUMEDAD		%	3.08	0.58
ABSORCION		%	2.43	0.76
MODULO DE FINEZA			3.00	---

**a) Resistencia Requerida Promedio**

$$f_{cp} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Valores de Diseño**

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	3/4"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.56
5.- Agua	205 Ltrs
6.- Total de aire	2.00%
7.- Volumen de A.G	0.6

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.122	366.0		366.00	1.00
AGREGADO FINO	0.305	790.0	0.65%	814.00	2.22
AGREGADO GRUESO	0.348	925.2	-0.18%	931.00	2.54
AGUA	0.205	205.0	0.47%	202.00	23.46
AIRE	0.020				
				2313.00	

Rel A/C Efectiva	0.55
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO	
		P.e	peso /p3
CEMENTO	HOLCIM GU	2.81	50 Kg/Bol
DESCRIPCION	AGREGADOS		
	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	Nº 4	1"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.57	2.7
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m <sup>3</sup>	1500	1460
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m <sup>3</sup>	1680	1610
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.26	2.58
ABSORCION	%	1.92	0.53
MODULO DE FINEZA		2.97	---

**a) Resistencia Requerida Promedio**

$$f_{cp} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Valores de Diseño**

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	1"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.56
5.- Agua	193 Ltrs
6.- Total de aire	1.50%
7.- Volumen de A.G	0.653

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.123	345.0		345.00	1.00
AGREGADO FINO	0.280	720.0	3.34%	758.00	2.20
AGREGADO GRUESO	0.389	1051.3	2.05%	1078.00	3.12
AGUA	0.193	193.0	5.39%	147.00	18.11
AIRE	0.015				
				2328.00	

Rel A/C Efectiva	0.43
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO	
		P.e	peso /p3
CEMENTO	PACAS ICO	2.92	42.5 Kg/Bol
DESCRIPCION	AGREGADOS		
	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	Nº 4	3/4"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.4215	2.40803
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1441.82	1441.82
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1546.68	1546.68
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.09	5.09
ABSORCION	%	3.24	3.58
MODULO DE FINEZA		3.00	---

**a) Resistencia Requerida Promedio**

$$f_{cp} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Valores de Diseño**

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	3/4"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.56
5.- Agua	205 Ltrs
6.- Total de aire	2.00%
7.- Volumen de A.G	0.6

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.125	366.0		366.00	1.00
AGREGADO FINO	0.264	639.0	1.85%	672.00	1.84
AGREGADO GRUESO	0.385	928.0	1.51%	975.00	2.66
AGUA	0.205	205.0	3.36%	179.00	20.79
AIRE	0.020				
				2192.00	

Rel A/C Efectiva	0.49
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO	
		P.e	peso /p3
CEMENTO	NACIO ICO	2.96	42.5 Kg/Bol
DESCRIPCION	AGREGADOS		
	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	Pulg	Nº 4	1"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.66	2.7
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1677.17	1402.89
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1956.95	1595.24
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.6	0.4
ABSORCION	%	1.51	0.46
MODULO DE FINEZA		2.81	---

**a) Resistencia Requerida Promedio**

$$f_{cp} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Valores de Diseño**

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	1"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.56
5.- Agua	193 Ltrs
6.- Total de aire	1.50%
7.- Volumen de A.G	0.669

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.116	345.0		345.00	1.00
AGREGADO FINO	0.280	745.0	-0.91%	749.00	2.17
AGREGADO GRUESO	0.395	1067.2	-0.06%	1071.00	3.10
AGUA	0.193	193.0	-0.97%	201.00	24.76
AIRE	0.015				
				2366.00	

Rel A/C Efectiva	0.58
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO		
		P.e	peso /p3	
CEMENTO	PACASM ICO	3.00	42.5 Kg/Bol	
DESCRIPCION		AGREGADOS		
		UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		Pulg	N° 4	1"
PESO ESPECIFICO		gr/cc	2.66	2.7
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m <sup>3</sup>	1677.17	1402.89
PESO UNITARIO COMPACTADO		Kg/m <sup>3</sup>	1956.95	1595.24
CONTENIDO DE HUMEDAD		%	0.6	0.4
ABSORCION		%	1.51	0.46
MODULO DE FINEZA			2.81	---

**a) Resistencia Requerida Promedio**

$$f_{cp} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Valores de Diseño**

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	1"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.56
5.- Agua	193 Ltrs
6.- Total de aire	1.50%
7.- Volumen de A.G	0.669

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.115	345.0		345.00	1.00
AGREGADO FINO	0.282	750.0	-0.91%	755.00	2.19
AGREGADO GRUESO	0.395	1067.2	-0.06%	1071.00	3.10
AGUA	0.193	193.0	-0.97%	201.00	24.76
AIRE	0.015				
				2372.00	

Rel A/C Efectiva	0.58
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO	
		P.e	peso /p3
CEMENTO	INKA ICO	3.08	42.5 Kg/Bol
DESCRIPCION	AGREGADOS		
	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	Pulg	Nº 4	1"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.66	2.7
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1677.17	1402.89
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1956.95	1595.24
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.6	0.4
ABSORCION	%	1.51	0.46
MODULO DE FINEZA		2.81	---

**a) Resistencia Requerida Promedio**

$$f_{cp} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

**b) Valores de Diseño**

1 - Asentamiento	3" - 4"
2 - T.M	1"
3 - Aire incorporado	No
4 - a/c	0.56
5 - Agua	193 Ltrs
6 - Total de aire	1.50%
7 - Volumen de A.G	0.669

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.112	345.0		345.00	1.00
AGREGADO FINO	0.285	758.0	-0.91%	763.00	2.21
AGREGADO GRUESO	0.395	1067.2	-0.06%	1071.00	3.10
AGUA	0.193	193.0	-0.97%	201.00	24.76
AIRE	0.015				
				2380.00	

Rel A/C Efectiva	0.58
------------------	------

**Método ACI**
**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO	
		P.e	peso /p3
CEMENTO	PACAS ICO	2.92	42.5 Kg/Bol
DESCRIPCION	AGREGADOS		
	UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg	Nº 4	1"
PESO ESPECIFICO	gr/cc	2.36	2.56
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3	1704.94	1559.23
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1822.31	1659.16
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.69	1.46
ABSORCION	%	1.63	0.11
MODULO DE FINEZA		2.40	---

a) Resistencia Requerida Promedio  
 $f_{cp} = 210$  kg/cm<sup>2</sup>

b) Valores de Diseño

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	1"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.68
5.- Agua	193 Ltrs
6.- Total de aire	1.50%
7.- Volumen de A.G	0.71

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.097	284.0		284.00	1.00
AGREGADO FINO	0.235	555.0	0.06%	564.00	1.99
AGREGADO GRUESO	0.460	1178.0	1.35%	1195.00	4.21
AGUA	0.193	193.0	1.41%	177.00	26.49
AIRE	0.015				
				2220.00	

Rel A/C Efectiva	0.62
------------------	------

**Método ACI**

**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO		
		P.e	peso /p3	
CEMENTO	PACAS ICO	3.15	42.5 Kg/Bol	
DESCRIPCION		AGREGADOS		
		UNIDAD	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO		Pulg	Nº 4	3/4"
PESO ESPECIFICO		gr/cc	2.66	2.65
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1757.92	1592.12
PESO UNITARIO COMPACTADO		Kg/m3	1886.81	1651.76
CONTENIDO DE HUMEDAD		%	2.16	1.04
ABSORCION		%	0.71	0.65
MODULO DE FINEZA			2.92	---

a) Resistencia Requerida Promedio  
 $f_{cp} = 280$  kg/cm<sup>2</sup>

b) Valores de Diseño

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	3/4"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.58
5.- Agua	205 Ltrs
6.- Total de aire	2.00%
7.- Volumen de A.G	0.608

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.112	353.0		353.00	1.00
AGREGADO FINO	0.284	755.0	1.45%	771.00	2.18
AGREGADO GRUESO	0.379	1004.3	0.39%	1015.00	2.88
AGUA	0.205	205.0	1.84%	190.00	22.88
AIRE	0.020				
				2329.00	

Rel A/C Efectiva	0.54
------------------	------

**Método ACI**

**CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

DESCRIPCION	MARCA	CEMENTO	
		P.e	peso /p3
CEMENTO	PACAS ICO	2.96	42.5 Kg/Bol
DESCRIPCION		AGREGADOS	
		UNIDAD	FINO GRUESO
TAMAÑO MAXIMO		Pulg	Nº 4 3/4"
PESO ESPECIFICO		gr/cc	2.38 2.55
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1757.92 1488
PESO UNITARIO COMPACTADO		Kg/m3	1886.81 1570
CONTENIDO DE HUMEDAD		%	5 1.5
ABSORCION		%	0.71 0.81
MODULO DE FINEZA			2.70 ---

a) Resistencia Requerida Promedio

$f_{cp} = 210$  kg/cm<sup>2</sup>

b) Valores de Diseño

1.- Asentamiento	3" - 4"
2.- T.M	3/4"
3.- Aire incorporado	No
4.- a/c	0.68
5.- Agua	205 Ltrs
6.- Total de aire	2.00%
7.- Volumen de A.G	0.63

**RESUMEN**

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS KG/M3	PROPORCION
CEMENTO	0.102	301.0		301.00	1.00
AGREGADO FINO	0.285	678.0	4.29%	712.00	2.37
AGREGADO GRUESO	0.388	989.1	0.69%	1004.00	3.34
AGUA	0.205	205.0	4.98%	169.00	23.86
AIRE	0.020				
				2186.00	

Rel A/C Efectiva	0.56
------------------	------