

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“INFLUENCIA DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DEL  
CEMENTO PORTLAND TIPO IP – MARCA RUMI EN LAS  
PROPIEDADES DEL CONCRETO  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**NATALI HERLINDA SALAS COAQUIRA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFLUENCIA DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO**  
**PORTLAND TIPO IP – MARCA RUMI EN LAS PROPIEDADES DEL**  
**CONCRETO  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**NATALI HERLINDA SALAS COAQUIRA**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**



**PRESIDENTE:**

  
 M.C. EMILIO CASTILLO ARONI

**PRIMER MIEMBRO:**

  
 M.C. GINO FRANK LAQUE CORDOVA

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
 D.Sc. FELIX ROJAS CHAHUARES

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
 Dr. SAMUEL HUAQUISTO CACERES

**TEMA : Influencia del Almacenamiento del Cemento**  
**ÁREA : Construcciones**  
**LINEA DE INVESTIGACION: Construcciones y Gerencia**

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 DE MAYO DEL 2019

**Dedicatoria*****A mi madre Lucy.***

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

***A mi padre Neptali.***

*Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.*

***A mis familiares.***

*A mis hermanos Luz y Tomas por ser el ejemplo y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.*

*¡Gracias a ustedes!*

### *Agradecimiento*

*El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.*

*A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.*

*Agradezco a mi director de tesis Dr. Samuel Huaquisto Cáceres quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. Al Ing. Percy por sus consejos, enseñanzas, apoyo y sobre todo amistad brindada en los momentos más difíciles de mi vida.*

*Agradezco a los todos docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Nacional del Altiplano.*

*Agradezco a mis amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Jorge Luis, Walter, Paty, Leidy por haberme ayudado a realizar este trabajo.*

**INDICE GENERAL**

ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS .....	11
RESUMEN .....	12
CAPITULO I .....	14
INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. Planteamiento del problema .....	14
1.2. Formulación del problema .....	15
1.3. Hipótesis de la investigación .....	15
1.4. Justificación del estudio .....	16
1.5. Objetivos de la investigación .....	16
1.6. Diseño de la investigación .....	18
CAPITULO II .....	20
REVISIÓN DE LITERATURA .....	20
2.1. Antecedentes .....	20
2.2. Marco Teórico .....	23
CAPITULO III .....	47
MATERIALES Y MÉTODOS .....	47
3.1. Ubicación geográfica del estudio. ....	47
3.2. Periodo y duración del estudio. ....	47
3.3. Materiales. ....	47
3.4. Población y muestra de estudio. ....	49

3.5. Ensayos realizados en el agregado fino.....	50
3.6. Ensayos realizados en el agregado grueso. ....	59
3.7. Diseño de mezcla de concreto.....	66
3.8. Elaboración del concreto.....	75
3.9. Ensayo realizado al cemento almacenado.....	78
3.10. Ensayo realizado en concreto fresco. ....	80
3.11. Ensayo realizado en concreto endurecido. ....	82
CAPITULO IV .....	85
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	85
4.1. Análisis de supuestos. ....	85
4.2. Cantidad de grumos presente en el cemento. ....	87
4.3. Ensayo realizado en concreto fresco. ....	89
4.4. Densidad del concreto. ....	92
4.5. Ensayo realizado en concreto endurecido. ....	97
CAPITULO V .....	113
CONCLUSIONES .....	113
CAPITULO VI.....	114
RECOMENDACIONES.....	114
CAPITULO VII.....	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	115
ANEXOS.....	117

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Bolsa de cemento con grumos .....	44
<b>Figura 2:</b> Ubicación de la cantera.....	48
<b>Figura 3:</b> Testigos de concreto .....	50
<b>Figura 4:</b> Representación de compactación por capas .....	56
<b>Figura 5:</b> Curva granulométrica del agregado fino .....	58
<b>Figura 6:</b> Curva granulométrica del agregado grueso .....	65
<b>Figura 7:</b> Almacenamiento del cemento .....	68
<b>Figura 8:</b> Elaboración de probetas cilíndricas .....	77
<b>Figura 9:</b> Poza de curado.....	78
<b>Figura 10:</b> Método de prueba estándar para la finura del cemento hidráulico por el tamiz N°100.....	79
<b>Figura 11:</b> Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams.....	82
<b>Figura 12:</b> Ensayo de compresión del concreto .....	83
<b>Figura 13:</b> Porcentaje de grumos mayores a 1 mm .....	87
<b>Figura 14:</b> Asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de control.....	90
<b>Figura 15:</b> Correlación de asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba	91
<b>Figura 16:</b> Densidad del concreto a los 7 días.....	94
<b>Figura 17:</b> Densidad del concreto a los 28 días.....	95
<b>Figura 18:</b> Resistencia a compresión de los grupos de prueba (rotura a los 7 días).....	98
<b>Figura 19:</b> Resistencia a compresión de los grupos de prueba (rotura a los 28 días).....	98
<b>Figura 20:</b> Curvas de evolución de la resistencia a la compresión, para los grupos de prueba. ....	99
<b>Figura 21:</b> Comparación de las resistencias obtenidas con respecto al concreto con cemento fresco.....	101

<b>Figura 22:</b> Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 30 días “C° (TAC-30)” .....	102
<b>Figura 23:</b> Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 60 días “C° (TAC-60)” .....	103
<b>Figura 24:</b> Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 90 días “C° (TAC-90)” .....	104
<b>Figura 25:</b> Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 120 días “C° (TAC-120)” .....	105
<b>Figura 26:</b> Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 150 días “C° (TAC-150)” .....	106
<b>Figura 27:</b> Comportamiento de la resistencia a compresión del concreto elaborado con cemento de diferentes tiempos de almacenamiento .....	108



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Requisitos granulométricos para el agregado fino .....	27
<b>Tabla 2:</b> Consistencia de mezcla de concreto .....	34
<b>Tabla 3:</b> Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días. ....	36
<b>Tabla 4:</b> Coordenadas UTM de la cantera.....	48
<b>Tabla 5:</b> Contenido de humedad agregado fino.....	51
<b>Tabla 6:</b> Datos del ensayo de peso específico del agregado fino y resultados.....	54
<b>Tabla 7:</b> Peso unitario suelto y compactado del agregado fino .....	56
<b>Tabla 8:</b> Granulometría del agregado fino .....	58
<b>Tabla 9:</b> Humedad del agregado fino .....	59
<b>Tabla 10:</b> Peso específico y absorción de agregado grueso .....	61
<b>Tabla 11:</b> Peso unitario compactado del agregado grueso .....	63
<b>Tabla 12:</b> Granulometría del agregado grueso .....	65
<b>Tabla 13:</b> Límites granulométricos para el agregado grueso –Norma ASTM .....	66
<b>Tabla 14:</b> Calculo de resistencia promedio .....	68
<b>Tabla 15:</b> Volumen unitario de agua .....	69
<b>Tabla 16:</b> Contenido de aire .....	70
<b>Tabla 17:</b> Relación agua cemento a/c .....	70
<b>Tabla 18:</b> Volúmenes absolutos de pasta.....	71
<b>Tabla 19:</b> Módulo de fineza de la combinación de los agregados.....	72
<b>Tabla 20:</b> Porcentaje de grumo presente en el cemento .....	80
<b>Tabla 21:</b> Datos de asentamiento para los grupos de control .....	82
<b>Tabla 22:</b> Mediciones tomadas del ensayo de resistencia a la compresión del concreto ...	84
<b>Tabla 23:</b> Prueba de homogeneidad de varianza .....	86

<b>Tabla 24:</b> Prueba de normalidad Shapiro-Wilk .....	86
<b>Tabla 25:</b> Cantidad de grumos presente en el cemento .....	87
<b>Tabla 26:</b> Datos de asentamiento para los grupos de control .....	89
<b>Tabla 27:</b> Densidad del concreto a los 7 días .....	92
<b>Tabla 28:</b> Densidad del concreto a los 28 días .....	94
<b>Tabla 29:</b> Resultados de la resistencia a la compresión .....	97
<b>Tabla 30:</b> Resultados de la rotura de probetas de concreto. ....	99
<b>Tabla 31:</b> Comparación de la evolución de la resistencia a Compresión del Concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 30 días “C° (TAC-30)” .....	101
<b>Tabla 32:</b> Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 60 días “C° (TAC-60)” .....	102
<b>Tabla 33:</b> Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 90 días “C° (TAC-90)” .....	103
<b>Tabla 34:</b> Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 120 días “C° (TAC-120)” .....	104
<b>Tabla 35:</b> Comparación de la evolución de la resistencia a Compresión del Concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 150 días “C° (TAC-150)” .....	105
<b>Tabla 36:</b> Resumen del tiempo de almacenamiento del cemento y la resistencia a compresión para una dosificación de $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	108
<b>Tabla 37:</b> Comparaciones múltiples ANOVA de un factor (densidad del concreto).....	109
<b>Tabla 38:</b> Comparaciones múltiples ANOVA de una factor (resistencia a la compresión) .....	110

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- C° (TAC-7) - 01:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 7 días – 7 días.
- C° (TAC-7) - 02:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 7 días – 28 días.
- C° (TAC-30) – 01:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 30 días – 7 días.
- C° (TAC-30) – 02:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 30 días – 28 días.
- C° (TAC-60) – 01:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 60 días – 7 días.
- C° (TAC-60) – 02:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 60 días – 28 días.
- C° (TAC-90) – 01:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 90 días – 7 días.
- C° (TAC-90) – 02:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 90 días – 28 días.
- C° (TAC-120) – 01:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 120 días – 7 días.
- C° (TAC-120) – 02:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 120 días – 28 días.
- C° (TAC-150) – 01:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 150 días – 7 días.
- C° (TAC-150) – 02:** Concreto con tiempo de almacenado del cemento de 150 días – 28 días.
- f'c :** Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm<sup>2</sup>.
- A°F° :** Agregado fino.
- A°G° :** Agregado grueso
- W% :** Contenido de humedad
- TM :** Tamaño máximo del agregado.
- TMN :** Tamaño máximo nominal del agregado.
- mf :** Módulo de fineza del agregado fino.
- mg :** Módulo de fineza del agregado grueso.
- a/c :** Relación agua/cemento.
- ACI :** American Concrete Institute.
- ASTM :** American Society of Testing Materials.
- NTP:** Norma Técnica Peruana
- MTC:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar la influencia del tiempo de almacenamiento del cemento portland tipo IP – marca Rumi en las propiedades del concreto, para esto el cemento fue almacenado bajo condiciones favorables y fue utilizado para la elaboración de mezclas durante cada mes, hasta los 150 días de almacenamiento; se inició con el diseño de mezclas siguiendo las especificaciones del método de módulo de fineza para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, para cada vaciado se calculó el contenido de humedad de los agregados y posteriormente se hizo una corrección por humedad en las proporciones de mezcla. Los resultados de los ensayos fueron procesados estadísticamente siguiendo las consideraciones de precisión establecidas en las normas correspondientes para cada ensayo donde la resistencia del concreto disminuyó proporcionalmente al tiempo, esta disminución en la resistencia del concreto va desde 3.6 % hasta 21.6 % con respecto al concreto con cemento fresco y es atribuida a los grumos presentes en el cemento, los cuales fueron cuantificados. Se concluye que la elaboración del concreto diseñado para un  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con cemento a mayor tiempo de almacenamiento, disminuye la propiedad de resistencia a compresión, consistencia y densidad del concreto.

**Palabras Clave:** Resistencia, cemento, tiempo, concreto, almacenamiento.

## ABSTRACT

The main objective of this research work is to evaluate the influence of the storage time of portland cement type IP - Rumi brand on the properties of concrete, for this, the cement was stored under favorable conditions and was used for the elaboration of mixtures during each month, up to 150 days of storage; started with the design of mixtures following the specifications of the fineness module method for a compressive strength of 210 kg / cm<sup>2</sup>, for each emptying the moisture content of the aggregates was calculated and subsequently a moisture correction was made in the mixing proportions. The results of the tests were statistically processed following the precision considerations established in the corresponding standards for each test where the strength of the concrete decreased proportionally to the time, this decrease in the strength of the concrete ranges from 3.6% to 21.6% with respect to the concrete with fresh cement and is attributed to the lumps present in the cement, which were quantified. It is concluded that the elaboration of the concrete designed for a  $f'c = 210$  kg / cm<sup>2</sup>, with cement for a longer storage time, decreases the property of compression resistance, consistency and density of the concrete.

**Keywords:** Resistance, cement, weather, concrete, storage.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) al ser el cemento un componente indispensable del concreto tomo así gran importancia en la presente investigación, el cemento en ciertas ocasiones es almacenado durante tiempo prolongado debido a una adquisición no planificada o por retraso en el proceso constructivo, debido a esta exposición tanto su integridad física como química se ven afectadas negativamente, el cemento en sí, no tiene fecha de vencimiento, lo que sí sucede es que el cemento es un elemento altamente hidrocópico, es decir que absorbe humedad muy rápido, el uso de concreto elaborado con cemento almacenado que no cumpla con la resistencia de diseño podría ocasionar construcciones deficientes en este caso es fundamental que cumpla rigurosamente con la calidad requerida en cada uno de sus componentes individuales y pruebas de laboratorio. Es de interés estudiar la influencia del tiempo de almacenamiento del cemento en las propiedades del concreto, evaluando su comportamiento frente a periodos largos de almacenamiento en condiciones ambientales de la provincia de Puno, a fin de obtener resultados que permitan esclarecer si el producto se encuentra en condiciones de ser utilizado con la garantía adecuada. El almacenamiento del cemento es fundamental para preservar la calidad del mismo y cuando nos sobran bolsas de cemento o se retrasa la obra, surge una pregunta: ¿se puede usar el cemento después de pasado un tiempo?

## 1.2. Formulación del problema

### Problema general

- ¿Cuál es la influencia del tiempo de almacenamiento del cemento portland tipo IP - marca Rumi en las propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?

### Problemas específicos

- ¿Qué diferencia existe entre la resistencia a la compresión del concreto con cemento fresco y el concreto con cemento almacenado a diferentes periodos?
- ¿En qué medida afecta la consistencia del concreto elaborado con cemento portland tipo IP - marca Rumi almacenado a diferentes periodos?
- ¿Cuál es la diferencia que presenta la densidad del concreto elaborado con cemento portland tipo IP - marca Rumi almacenado a diferentes periodos?

## 1.3. Hipótesis de la investigación

### Hipótesis general

- El tiempo de almacenamiento del cemento influye directamente en las propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### Hipótesis específicas

- A medida que aumenta el tiempo de almacenamiento del cemento portland tipo IP – marca Rumi, disminuye la resistencia a compresión del concreto.

- La consistencia del concreto disminuye según el tiempo del almacenamiento del cemento portland tipo IP - marca Rumi.
- La densidad del concreto disminuye según el tiempo del almacenamiento del cemento portland tipo IP - marca Rumi.

#### **1.4. Justificación del estudio**

Es de interés estudiar la variación en las propiedades del concreto elaborado con cemento almacenado, evaluando el comportamiento del cemento frente a periodos largos de almacenamiento en condiciones ambientales de la ciudad de Puno, con el fin de obtener resultados que permitan determinar si el producto mantiene sus condiciones iniciales.

El presente trabajo se realiza porque no existen mediciones estandarizadas del envejecimiento del cemento desde el punto de vista técnico y contribuirá a establecer la influencia que producen los cementos envasados en bolsas de papel durante el periodo de almacenamiento prolongado en obra, en las propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , comparando el resultado con muestra fresca del respectivo cemento.

#### **1.5. Objetivos de la investigación**

##### **Objetivo general**

- Determinar la influencia del tiempo de almacenamiento del cemento portland tipo IP - marca Rumi en las propiedades del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

##### **Objetivos específicos**

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto con cemento fresco y concreto con cemento almacenado a diferentes periodos.



- Determinar la incidencia del almacenamiento del cemento portland tipo IP - marca Rumi en la consistencia del concreto.
- Determinar la densidad del concreto elaborado con cemento portland tipo IP - marca Rumi almacenado a diferentes periodos.

**Operacionalización de variables**

La variable independiente estudiada es el tiempo de almacenamiento del cemento portland tipo IP marca Rumi en el diseño de mezcla del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , y su incidencia en las propiedades del concreto siendo ésta la variable dependiente.

Variable Independiente

- Tiempo de almacenamiento del cemento.

Variable Dependiente

- Propiedades del concreto

Variable independiente	Indicador	Técnica de recolección de datos	Instrumentos
Tiempo de almacenamiento	fecha de fabricación	documentación	bolsa de cemento
Variable dependiente	Indicadores	Técnica de recolección de datos	Instrumentos
Resistencia a la compresión	valor de la resistencia	medición	Un encargado de realizar el ensayo.
La consistencia	asentamiento	medición	Un encargado de realizar el ensayo.
La densidad del concreto	Peso por unidad de volumen	medición	Un encargado de realizar el ensayo.

## **1.6. Diseño de la investigación**

La investigación se realizó con el fin de proporcionar resultados sobre la influencia del almacenamiento prolongado del cemento portland tipo IP - marca Rumi.

### **1.6.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es cuantitativa pues utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con bases en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Hernández et al., 2006)

### **1.6.2. Nivel de investigación**

El nivel es explicativo. Estos estudios van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. (Hernández et al., 2006)

### **1.6.3. Método de trabajo**

Para el desarrollo de la tesis se siguió el siguiente procedimiento:

#### **1.6.3.1. Recopilación de información bibliográfica.**

Se recopiló información bibliográfica relacionada al tema de investigación de la tesis.

#### **1.6.3.2. Obtención de materiales.**

Para los agregados, se buscó el agregado de mayor disponibilidad en Puno. Se compró el cemento con las fechas de envasado necesarias para cumplir con la programación de vaciados propuestos.

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

Se realizó el estudio de los agregados a utilizar en los vaciados para determinar sus propiedades físicas, para lo cual se realizaron los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico
- Absorción
- Peso específico
- Contenido de humedad
- Peso unitario suelto
- Peso unitario compactado

#### **1.6.3.4. Almacenamiento del cemento.**

El cemento fue almacenado durante un periodo de 150 días (de junio a octubre del 2018), el cemento almacenado siguiendo todas las recomendaciones de la norma ASTM C150.

#### **1.6.3.5. Diseño de mezclas de concreto.**

Se realizó el diseño de mezclas siguiendo la metodología propuesta por método de módulo de fineza para una resistencia a la compresión  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Para esto se utilizó cemento con diferentes periodos de almacenado, teniendo en cuenta la variación del contenido de humedad de los agregados.

#### **1.6.3.6. Realización de los ensayos.**

Se realizaron los ensayos correspondientes para el concreto en estado fresco y endurecido.

**Estado fresco:** cono de Abrams

**Estado endurecido:** resistencia a la compresión

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

Feijoo (2016) en su trabajo se analiza el comportamiento del concreto, en estado fresco y endurecido, elaborado con cemento Portland tipo I Co Inka sometido a dos condiciones diferentes de almacenamiento en un periodo de 60 días. Inicialmente, se hicieron ensayos en el laboratorio con los materiales seleccionados para analizar sus propiedades y comprobar que cumplan con las Normas Técnicas Peruanas. Mediante el análisis del agregado global, se estableció que la mejor proporción de los agregados fino y grueso fue de 52% y 48% respectivamente. Con esta selección se determinó el diseño de mezclas de la investigación para las relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70. Para realizar la investigación, se conformó dos grupos de bolsas de cemento: el primer grupo (grupo control) formado por cemento almacenado en su envase original de fábrica que consta de dos pliegos de papel con una lámina de film plástico intermedia; y, el segundo grupo (grupo experimental) cuyas bolsas de cemento fueron protegidas, de forma individual, con un envase adicional aislante de polietileno de baja densidad. Posteriormente se da inicio a los ensayos del concreto, en estado fresco y endurecido, preparado con cemento (del grupo control y experimental) almacenado a los 0, 30 y 60 días. Cabe indicar, que los ensayos del concreto al estado endurecido se realizaron a los 28 días de elaboradas las probetas.

Los resultados obtenidos indican que el envase original en que se comercializa el cemento Portland tipo I Co Inka, por poseer una lámina de film plástico entre los pliegos de papel, brinda cierta protección durante periodos de almacenamiento de hasta 30 días en comparación con el envase que solo está conformado por dos pliegos de papel. El envase protector aislante adicional empleado en la presente investigación, permite

mantener la calidad del cemento durante periodos de almacenamiento más largos conservando las propiedades del concreto para cumplir con las especificaciones técnicas requeridas en una determinada obra.

Cana & Quispe (2018) analizan el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto y mortero utilizando cemento almacenado en condiciones favorables y no favorables durante los meses más húmedos de la ciudad de Arequipa y concluyen lo siguiente: La resistencia a la compresión de las probetas de concreto disminuye proporcionalmente al tiempo y condición de almacenamiento, para 6 meses de almacenamiento las resistencias obtenidas en función del concreto fresco son: 81.26% para el cemento bien almacenado y 73.40% para el mal almacenado.

Ossa (1974) con el objeto de establecer los efectos que se producen en los cementos envasados en bolsas de papel durante el periodo de almacenamiento en obra, se realizó un programa de ensayos con cementos chilenos mantenidos en esos envases durante 30, 60, 90 y 120 días en tres ambientes diferentes, comparando los resultados con los de muestras frescas de los respectivos cementos. Los efectos principales causados por el almacenamiento fueron : disminución de velocidad de hidratación y de resistencia potencial de los cementos; resultados que coinciden con los que se conocen de otras experiencias. Se examinan además los resultados para establecer ciertas hipótesis explicativas del fenómeno, finalmente se incluyen recomendaciones para un mejor resguardo y protección del cemento envasado.

Rincon (2006) la formación de grumos trae como consecuencia un descenso importante en las resistencias del cemento a edades tempranas, este asunto es más marcado en la medida que progresa el fenómeno.

Alvarado & Cortez (2018) en el ensayo de compresión la resistencia disminuye conforme aumenta el tiempo de almacenamiento del cemento, las resistencias de las muestras patrón fueron 238 kg/cm<sup>2</sup>, 229 kg/cm<sup>2</sup> y 212 kg/cm<sup>2</sup> para los cementos tipo I, tipo MS y tipo ICo respectivamente, y a 45 días de almacenamiento la resistencia disminuye a 105 kg/cm<sup>2</sup>, 114 kg/cm<sup>2</sup> y 99 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Pasquel (1998) se refiere en cuanto a las condiciones de almacenaje, es recomendable limpiar con frecuencia los silos metálicos de depósito sobre todo en climas de humedad relativa alta, pues se produce hidratación parcial del cemento adherido a las paredes, y que con el uso del silo ocasiona que se desprendan trozos endurecidos y se mezclen con el cemento fresco causando problemas en la uniformidad de la producción del concreto. En el caso de cemento en bolsas el concepto es similar en cuanto a protegerlas de la humedad, bien sea aislándolas del suelo o protegiéndolas en ambientes cerrados.

Una manera práctica de evaluar si ha habido hidratación parcial del cemento almacenado, consiste en tamizar una muestra por la malla No 100, según la Norma ASTM C-184, pesando el retenido, el cual referido al peso total, nos da un orden de magnitud de la porción hidratada. El porcentaje retenido sin haber hidratación oscila usualmente entre 0 y 0.5%.

Si recordamos los conceptos referidos al mecanismo de hidratación podemos estimar que si usamos cemento parcialmente hidratado, estaremos sustituyendo en la práctica una parte del agregado por cemento endurecido con características resistentes inciertas y definitivamente inferiores a la de la arena y la piedra, que causará zonas de estructura débil, cuya trascendencia será mayor cuanto mayor sea la proporción de estas partículas.

Se puede estimar que el empleo de cemento hidratado en un 30% referido al peso total, con gránulos no mayores de 1/4" trae como consecuencia una reducción en la resistencia

a 28 días del orden del 25%, dependiendo del cemento en particular. Es obvio que porcentajes hidratados mayores, con partículas de tamaño superior a 1/4" ocasionarán perjuicios mas negativos en la resistencia y durabilidad. Finalmente hay que aclarar que en cuanto al almacenaje, el criterio correcto para evaluar la calidad del cemento no es el tiempo que ha estado almacenado sino las condiciones de hidratación del cemento al cabo de ese período, por lo que lo aconsejable es tomar las previsiones para evitar o retrasar la hidratación desde un inicio, en vez de dejar pasar el tiempo sin ninguna precaución y entrar luego en las complicaciones de evaluar si estará apto o no para usarse

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. El concreto.**

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada piedra machacada, pedrejón), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua. Otros materiales cementosos (cementantes) y adiciones minerales se pueden incluir en la pasta. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

### **2.2.2. Componentes del concreto.**

#### **2.2.2.1. Cemento.**

Según la ASTM C 150, el Cemento Portland es un Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como adición durante la molienda , Es decir:

Cemento Portland = Clinker Portland + Yeso

### *Clasificación del cemento portland*

Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland ASTM C 150. (Abanto,1997)

**TIPO I:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.

**TIPO II:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general y a obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.

**TIPO III:** Es el cemento de alta resistencia inicial, el concreto hecho con este tipo de cemento desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cementos tipo I o tipo II.

**TIPO IV:** Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación

**TIPO V:** Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas a aguas de mar.

En el Perú se utilizan los cementos tipo I, II y V. La Norma ASTM C 150 o NTP 339.009 incluye especificaciones para un cemento con incorporado de aire, el cual no se producen ni se utiliza en el Perú. (Riva,2014)

Los cementos adicionados usan una combinación de cemento portland o Clinker y yeso mezclados o molidos juntamente con puzolanas, escorias o ceniza



volante. La ASTM C 595 establece cinco clases principales de cementos adicionados: (PCA, 2004)

Tipo IS	Cemento portland alto horno
Tipo IP y Tipo P	Cemento portland puzolánico.
Tipo I (PM)	Cemento portland modificado con puzolana
Tipo S	Cemento de escoria o siderúrgico
Tipo I (SM)	Cemento portland modificado con escoria.

Los cementos portland puzolánico se designan como tipo IP o tipo P, el tipo IP se puede usar para la construcción en general y el tipo P se usa en construcciones que no requieran altas resistencias iniciales.

Se puede especificar el tipo IP con aire incluido, moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación a través de la adición de los sufijos A, MS o MH. Se puede especificar el tipo P con bajo calor de hidratación (LH), moderada resistencia a los sulfatos (MS) o aire incorporado (A) (PCA, 2004).

#### ***2.2.2.2. Agregados.***

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto. (Rivva, 2014)

#### ***Clasificación***

Según Abanto (1997), los agregados naturales se clasifican en:

1) Agregado Fino

2) Agregado grueso

#### ***A. Agregado fino***

El agregado fino consistirá en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; definiéndosele como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.37 o ASTM C 33.

#### **Requisitos:**

El agregado fino estará compuesto de partículas limpias, de un perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente; libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

#### **Propiedades Físicas**

##### **a) Análisis granulométrico**

Normas NTP 400.037, ASTM C-33

El conocimiento de la composición granulométrica del agregado nos permite conocer la distribución de tamaños en función a sus volúmenes, pero representados en este ensayo en función a sus pesos retenidos en mallas, cuyas aberturas difieren sucesivamente en la mitad de la anterior.

Estas partículas deberán tener un comportamiento óptimo en la mezcla, y esto solo se obtendrá si sus volúmenes llegan a tener una buena compacidad entre ellas, conociendo que el agregado grueso aporta con su resistencia y su volumen, y el agregado fino actúa como lubricante para la suspensión de los agregados gruesos

en la mezcla, aportando en mejorar la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla. Por lo que concluimos que una granulometría óptima origina en la mezcla una alta densidad, buena trabajabilidad y un mínimo contenido de cemento.

El análisis granulométrico es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños, el cual consiste en tamizar las partículas por una serie de mallas de aberturas estandarizadas y pesar los materiales refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total. Con este ensayo se busca averiguar la distribución del agregado fino con relación a los diferentes diámetros de sus partículas. Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados finos son las N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100, están basadas de acuerdo con sus perforaciones cuadradas; la granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua. El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad del concreto de una mezcla a otra. Las arenas muy finas son con frecuencia costosas y las arenas muy gruesas pueden producir mezclas muy ásperas y poco manejables. La granulometría más conveniente para el agregado fino depende del tipo de trabajo, riqueza de la mezcla y tamaño máximo del agregado grueso. Se recomiendan para el agregado fino los siguientes límites:

**Tabla 1: Requisitos granulométricos para el agregado fino**

Malla	Porcentaje que pasa
3/8" (9,50 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.36 mm)	80 a 100
N° 16 (1.18 mm)	50 a 85
N° 30 (600 micrones)	25 a 60
N° 50 (300 micrones)	10 a 30
N° 100 (150 micrones)	2 a 10

**Fuente:** Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

**b) Módulo de finura**

Normas NTP 400.012, ASTM C -136

Es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material.

**Determinación del módulo de finura del agregado fino:**

Se determina en base al análisis granulométrico del agregado fino. Su valor se obtiene mediante la suma de porcentajes acumulados de los agregados retenidos en los tamices estándar dividiendo por 100 tal como se indica:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos ( N^\circ 4, N^\circ 8, N^\circ 16, N^\circ 30, N^\circ 50, N^\circ 100 )}}{100}$$

El uso del modulo de finura se ha restringido al agregado fino y según este modulo las arenas se clasifican en :

Arenas finas: Módulo de finura entre 0.5 – 1.5

Arenas medias: Módulo de finura entre 1.5 – 2.5

Arenas gruesas: Módulo de finura entre 2.5 - 3.5

El modulo de finura del agregado fino no debera ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1. el modulo de finura se mantendra dentro de mas o menos de 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto.

**c) Peso específico**

Normas NTP 400.022, ASTM C -127

El peso específico viene dado por la relación del peso seco de las partículas del agregado, al peso de un volumen igual de agua, se expresa en (gr/cm<sup>3</sup>).

Es un buen indicador de calidad de los agregados y se usa como medida de control y diseño en las mezclas de concreto.

- 1. Peso específico de los sólidos:** Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material).

$$P. e. s = \frac{W_o}{(V - V_a)}$$

**Donde:**

$P. e. s$  : Peso específico de sólidos.

$W_o$  : Peso en el aire de la muestra secada en el horno, en gramos.

$V$  : Volumen del frasco  $\text{cm}^3$

$V_a$  : Peso en gramos o volumen en  $\text{cm}^3$  de agua añadida en el picnómetro.

- 2. Peso específico de sólidos saturado con superficie seca:** Es la relación entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.

$$P. e. SSS = \frac{W_{SSS}}{(V - V_a)}$$

**Donde:**

$V$  : Volumen del frasco  $\text{cm}^3$

$V_a$  : Peso en gramos o volumen en  $\text{cm}^3$  de agua añadida en el picnómetro.

$W_{SSS}$  : Peso de la muestra saturada con superficie seca

- 3. Peso específico aparente:** Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo.

$$P. e. a = \frac{W_o}{(V - V_a) - (W_{SSS} - W_o)}$$

**Donde:**

$W_o$  : Peso en el aire de la muestra secada en el horno, en gramos.

$V$  : Volumen del frasco  $\text{cm}^3$

$V_a$  : Peso en gramos o volumen en  $\text{cm}^3$  de agua añadida en el picnómetro.

$W_{sss}$  : Peso de la muestra saturada con superficie seca

Sanchez de Guzman (2001), menciona que en el campo de la Tecnología del Concreto, la densidad que interesa es la densidad aparente, debido a que lógicamente con ella es que se determina la cantidad (en peso) de agregado requerida para un volumen unitario de concreto, porque los poros interiores de las partículas de agregados van ocupar un volumen dentro de la masa de concreto y porque el agua que se aloja dentro de los poros saturables no hace parte del agua de mezclado; entendiéndose por agua de mezclado tanto al agua de hidratación del cemento como el agua libre que en combinación con el cemento produce la pasta lubricante de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico. La densidad aparente del agregado depende de la constitución mineralógica de la roca madre y por lo tanto de su densidad, así como también de la cantidad de huecos o poros que contenga. Por lo general, el valor de esta densidad en los agregados pétreos oscila entre 2.30  $\text{g}/\text{cm}^3$  y 2.8  $\text{g}/\text{cm}^3$  según la roca de origen.

#### **d) Contenido de humedad**

Normas NTP 400.016- ASTM C- 566

El contenido de humedad viene dado por la cantidad de agua que posee el agregado en estado natural, se expresa en porcentaje (%).

El contenido de humedad es de importancia por cuanto influye en la relación a/c en el diseño de mezclas y esta a su vez determina la trabajabilidad y compactación de la mezcla.

#### **Determinación del Contenido de humedad del agregado fino.**

$$\% C, H \text{ del Agregado Fino.} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

#### **e) Peso unitario suelto y compactado (NTP 400.017 Y ASTM C 29)**

Normas NTP 400.017, ASTM C-29

Se denomina también peso volumétrico del agregado, y no es más que el peso que alcanza un determinado volumen unitario de material generalmente expresado en kilos por metro cúbico. Este valor es requerido para clasificar el agregado en liviano, normal y pesado, al igual que calcular el contenido de vacíos y para convertir cantidades en volumen y viceversa. Existen dos tipos de pesos unitarios:

Liviano, normal y pesado, al igual que calcular el contenido de vacíos y para convertir cantidades en volumen y viceversa. Existen dos tipos de pesos unitarios:

- 1. Peso unitario suelto (P.U.S.):** El agregado es llenado en el recipiente en una sola capa y sin ninguna presión.

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

- 2. Peso unitario compactado (P.U.C.):** El agregado es llenado en tres capas y cada una de ellas es compactada con 25 golpes por una varilla estandarizada.

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

### **B) Agregado grueso**

Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 o ASTM C33.

El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc. (Abanto, 1997).

### **Propiedades físicas**

#### **a) Análisis granulométrico (NTP 400.012)**

Normas NTP 400.037, ASTM C -33

El mismo concepto que el agregado fino, con el empleo de tamices estándar correspondientes.

#### **- Tamaño máximo**

La Norma NTP 400.037 define al Tamaño Máximo: Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

#### **- Tamaño máximo nominal**

La Norma NTP 400.037 define al Tamaño Máximo Nominal: Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Según la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, el Tamaño Máximo Nominal de agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- a)  $1/5$  de la menor separación entre los lados del encofrado.
- b)  $1/3$  de la altura de la losa, de ser el caso.
- c)  $3/4$  del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.



Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o “cangrejeras”.

#### b) Módulo de fineza

Normas NTP 400.012, ASTM C-136

El mismo concepto del agregado fino.

El módulo de fineza del agregado grueso, es menos usado que el de la arena, para su cálculo se usa el mismo criterio que para la arena, o sea se suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3”, 1 1/2”, 3/4”, 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100. (Abanto, 1997)

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos } (3", 1 \frac{1}{2}", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

#### c) Contenido de humedad

Normas NTP 339.185, ASTM C-566

El mismo concepto del agregado fino.

#### **Determinación del contenido de humedad del agregado grueso.**

Lo mismo que en el agregado fino.

$$\% C, H. \text{ del A. Grueso} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

#### **2.2.2.3. Agua.**

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. Además, precisa que, el agua a emplearse en la preparación de concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de

aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. (Abanto, 1997)

El agua que debe ser utilizada para la producción de concreto debe satisfacer los requisitos de la norma NTP 339.088, y ASTM C 109M. Considerándose como referente principal, la idoneidad del agua potable.

### 2.2.3. Propiedades del concreto.

#### 2.2.3.1. Propiedades en estado fresco.

##### a) Trabajabilidad

Propiedad del concreto o mortero fresco que determina la facilidad y homogeneidad con que se puede mezclar, colocar, compactar y acabar. (ACI, Terminología del cemento y el hormigón)

##### b) Consistencia

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. (Rivva, 2000)

**Tabla 2:** Consistencia de mezcla de concreto

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	muy trabajable	Chuseado

*Fuente:* Abanto, 1997

### ***2.2.3.2. Propiedades en estado endurecido.***

#### ***a) Resistencia a la Compresión***

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39

#### ***Factores que afectan a la resistencia.***

La resistencia del concreto depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar principalmente en términos de la relación agua/cemento en peso.

“La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto” (Pasquel, 1998).

#### ***Desarrollo de la resistencia a la compresión.***

Para obtener un concreto de buena calidad, después del mezclado y colocado (vaciado), le sigue un curado adecuado durante las primeras etapas de su endurecimiento.

En la siguiente tabla se muestra la relación entre la resistencia del concreto a una determinada edad y su resistencia a los 28 días.

**Tabla 3:** Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días.

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f'c(t)/f'c28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

*Fuente: Harmsen & Mayorca, 1997.*

**Donde:**

$f'c(t)$  : Resistencia a compresión en un periodo de tiempo

$f'c(28)$ : Resistencia a compresión a los 28 días

***Pruebas de resistencia a la compresión.***

Se realiza a través del ensayo de un cilindro estándar, cuya altura deberá ser siempre el doble del diámetro. El espécimen debe permanecer en el molde 20 +/- 4 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo a una temperatura no menos de 10 °C. El procedimiento estándar requiere que la probeta tenga 28 días de vida para ser ensayada, sin embargo, este periodo puede alterarse si se especifica, durante la prueba el cilindro es cargado a un ritmo uniforme de 2.45 Kg. /cm<sup>2</sup>/s. La resistencia a la compresión ( $f'c$ ) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días. Este procedimiento se describe en detalle en las normas ASTM C-192-90a y C-39-93

**2.2.4. Diseño de mezclas.**

Es un proceso que consiste en la selección de los ingredientes disponibles (cemento, agregados, agua y aditivos) y la determinación de sus cantidades relativas para producir, tan económicamente como sea posible, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las propiedades de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad y apariencia adecuadas. Estas proporciones dependen de las propiedades

particulares del concreto especificado, de las condiciones particulares bajo la cuales el concreto será producido y colocado. (Sanchez de Guzman, 2001)

#### ***2.2.4.1. Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.***

En el método del módulo de finura de la combinación de agregados, los contenidos de agregados fino y grueso varían para las diferentes resistencias, siendo esta variación función, principalmente, de la relación agua/cemento y del contenido total de agua, expresados a través del contenido de cemento de la mezcla.

Este método tiene como consideración fundamenta, además de lo ya expresado, la premisa de que el módulo de finura del agregado, fino o grueso, es un índice de superficie específica y que en la medida que se aumenta se incrementa la demanda de pasta, así como que si se mantiene constante la pasta y se incrementa la finura del agregado disminuye la resistencia por adherencia.

Se ha podido establecer una ecuación que relaciona el módulo de finura de los agregados fino y grueso, así como su participación porcentual en el volumen absoluto total de agregado.

Dicha ecuación es:

$$m = r_f \times m_f + r_g \times m_g \dots \dots \dots (1)$$

La proporción de agregado fino, de módulo de finura conocido, en relación al volumen absoluto total del agregado necesario para, de acuerdo a la riqueza de la mezcla, obtener un módulo de finura determinado en la combinación de agregados puede ser calculada, a partir de la siguiente ecuación (Rivva, 2014):

$$r_f = \frac{(m_g - m)}{(m_g - m_f)} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

**Dónde:**

$m$  = Módulo de finura de la combinación de agregados.

$m_f$  = Módulo de finura del agregado fino.

$m_g$  = Módulo de finura del agregado grueso.

$r_f$  = Porcentaje de agregado fino en relación al vol. absoluto total de agregado.

$r_g$  = Porcentaje de agregado grueso en relación al vol. absoluto total de agregado.

**2.2.5. Almacenamiento del cemento.****Consideraciones para el buen almacenamiento del cemento**

En diversas normas e investigaciones se menciona al almacenamiento del cemento como término general que debería ser aplicado para cualquier cemento almacenado en obra; en la presente investigación se define como cemento bien almacenado o cemento almacenado en condiciones favorables al cemento que no se encuentra expuesto a los efectos directos del ambiente porque está almacenado siguiendo las consideraciones mencionadas en normas.

Es importante recalcar que la cantidad de información citada respecto al almacenamiento del cemento varía entre las diversas normas y comités revisados.

Normas.

*ASTM C150/C150M.*

Especificación Estándar para Cemento Portland.

*NTP 334.009.*

Cementos. Cementos Portland. Requisitos.

La American Society of Testing Materials (ASTM) y la Norma Técnica Peruana (NTP) son muy parecidas en sus capítulos referidos a los requisitos del cemento, y mencionan una breve consideración para el almacenamiento del cemento:

El cemento debe almacenarse de forma tal que permita un fácil acceso para una apropiada inspección e identificación de cada cargamento, y en edificaciones, contenedores o empaques adecuados que protegerán al cemento de las condiciones climáticas como la humedad para minimizar el deterioro por almacenamiento. (NTP 334.009, 2013, pág. 20)

Comités.

*ACI 318S-14*

### **Requisitos de reglamento para concreto estructural.**

El material cementante y los agregados deben almacenarse de tal manera que se prevenga su deterioro o la introducción de materia extraña. (Comité ACI 318, 2014, pág. 54)

*ACI 225R-99*

Guía para la Selección y Uso de Cementos Hidráulicos.

El cemento se puede almacenar por un período de tiempo indefinido siempre que esté protegido de la humedad (incluida la humedad en el aire). La vida de almacenamiento puede ser más limitada en contenedores pequeños en condiciones donde la humedad puede condensarse en el interior de los contenedores, pero el almacenamiento satisfactorio durante varios meses no es inusual. La vida de almacenamiento de cemento en bolsas de papel es mucho más limitada. (...) Las medidas para minimizar la probabilidad del deterioro por almacenamiento del cemento envasado incluyen lo siguiente:

- Use stock según el primero en entrar, es el primero en salir.
- Mantenga las áreas de almacenamiento secas.
- Almacene las bolsas en plataformas sobre el suelo.

- Almacene las bolsas bajo una cubierta que las proteja de la humedad.  
(Comité ACI 225, 2016, pág. 21)

### ***Almacenaje temporal***

En el caso que se requiera almacenar en el sitio al aire libre por breves periodos de tiempo (1-3 días), las bolsas de cemento deben colocarse sobre una plataforma seca hecha de tabloncillos de madera que descansen sobre el piso de concreto, o sobre un piso conformado con agregados secos, levantados alrededor de 15 cm por encima del nivel del suelo.

La pila debe estar plenamente cubierta con lona o una lámina de polietileno y protegido contra la humedad atmosférica. Las láminas de revestimiento deben solaparse entre sí correctamente. El almacenamiento temporal de cemento al aire libre no debe ser adoptado en caso de lluvia.

Método para retirar las bolsas de cemento: Al retirar las bolsas que van a utilizarse, aplicar el “Primero en entrar, primero en salir”, es decir utilizar el principio de sacar el cemento de “mayor edad” en primer lugar. Cada lote de cemento debe ser apilado, hasta donde sea posible, por separado a fin de permitir un fácil acceso para la inspección y para facilitar el retiro de las bolsas en una secuencia apropiada. (Moreno)

### ***Duración del cemento.***

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado, indicada en la bolsa, luego de esa fecha verifique la calidad del mismo. (Cementos, 2014)



### 2.2.6. Formación de grumos.

Formación de grumos se hace mención a las consecuencias de almacenar el cemento en periodos largos; la consecuencia principal de esta condición es la formación de grumos, las causas principales son dos, la primera es la compactación del cemento que es producido por el apilamiento excesivo de bolsas de cemento (más de doce bolsas según lo indicado anteriormente), la segunda es la hidratación del cemento producida por la exposición a la humedad del ambiente, paredes o suelo. (Cana & Quispe, 2018)

#### *2.2.6.1. Causas de la formación de grumos.*

El cemento presenta grumos en su composición al ser almacenado por largos periodos de tiempo; la dureza, tamaño y cantidad de grumos dependerá de la causa de formación, a continuación, se presentan las dos causas principales de la formación de grumos en el cemento mal almacenado:

##### a) **Apilamiento del cemento.**

En la mayoría de situaciones, ya sea en ferreterías o almacenes de obra, el cemento se acomoda en pilas al momento de ser almacenado, la recomendación de la norma y especialistas indica una altura máxima de apilamiento dependiendo del tiempo de almacenamiento, para periodos no mayores de dos meses, el apilamiento de cemento podrá llegar a una altura de doce bolsas, para mayores periodos de almacenamiento se recomienda establecer como límite de apilamiento sólo ocho bolsas; cualquiera sea el caso, al apilar las bolsas de cemento a una altura mayor a la recomendada aumenta la probabilidad de formación de grumos por compactación del cemento. (Cana & Quispe, 2018)

El fenómeno de compactación del cemento es poco común y produce una condición en el cemento que es relativamente fácil de revertir, aunque genera trabajo extra y gastos de mano de obra, los grumos formados son suaves al tacto y la solución a esta condición se menciona en: (ACI, 225, 2016, pág. 22) “Pueden producirse grumos suaves en las bolsas inferiores de una pila alta, simplemente por la presión de las bolsas de arriba. Hacer rodar las bolsas unas cuantas veces normalmente rompe estos grumos”.

Además de lo mencionado por el Comité ACI 225, se recomienda realizar un proceso de molienda para los grumos de tamaño y dureza superior, estos procesos están permitidos por la norma porque el cemento aún conserva todas sus propiedades intactas a pesar de haberse formado grumos, la razón de la conservación de la calidad del cemento es que las partículas del cemento aún no se han hidratado y la formación de grumos sólo se produjo por adherencia mecánica de las partículas de cemento.

**b) Exposición a la humedad.**

El cemento almacenado sin seguir las consideraciones para el buen almacenamiento puede estar frente a varias fuentes de humedad, a continuación, se mencionan las principales fuentes de humedad a las que el cemento puede estar expuesto:

- Humedad del suelo: el cemento que descansa sobre el suelo por la ausencia de parihuelas o la altura de estas no es la adecuada (mínimo 10 cm) estará expuesto a la humedad del terreno de descanso.
- Humedad de los muros: cuando la distancia entre las pilas de cemento y los muros del almacén es menor de 60 cm, estas serán expuestas y afectadas por la humedad de los muros.

- Humedad del ambiente: cuando el cemento no se encuentra protegido por una cobertura de mantas impermeables, se verá expuesto a los efectos directos del ambiente como humedad relativa y vientos. (Cana & Quispe, 2018)

Todas estas fuentes de humedad producen el efecto de hidratación parcial del cemento almacenado, esta condición se denomina Warehouse set, que en español significa deterioro por almacenamiento, su definición mencionada en (Terminología del cemento y concreto, 2000, pág. 121) es “la hidratación parcial del cemento almacenado por un tiempo y expuesto a la humedad ambiente”.

A diferencia de los grumos formados por compactación del cemento, que se producen por la adherencia mecánica de las partículas de cemento, los grumos formados por hidratación del cemento ya no pueden volver a la normalidad, es decir, las propiedades, integridad física y calidad del cemento se verán disminuidas dependiendo del grado de hidratación, en la Figura 1 se muestra una bolsa de cemento que estuvo almacenada varios meses expuesta a la humedad de muros y ambiente. (Cana & Quispe, 2018)



*Figura 1: Bolsa de cemento con grumos*

*Fuente: Cana & Quispe (2018)*

#### **2.2.6.2. Consecuencias de la formación de grumos.**

Esta investigación se centra en los grumos formados por hidratación del cemento al estar expuesto a diferentes fuentes de humedad, porque estos grumos producen cambios irreversibles en las diferentes propiedades del cemento, a diferencia de los grumos formados por compactación del cemento que pueden revertirse. Los cambios en el cemento producidos por la formación de grumos se mencionan a continuación:

##### **a) Cambio en las propiedades físico-químicas.**

Respecto al cambio de las propiedades físico-químicas aún no se definen específicamente los cambios que sufre el cemento almacenado, los cambios en estas propiedades se mencionan por (Ossa, 1974):

Los cambios de las propiedades del cemento se llevan a cabo primeramente por una hidratación y luego por una carbonatación de los silicatos, aluminatos y eventualmente de los álcalis libres. Esta acción recae en las partículas más

pequeñas, lo que produce la impresión de encontrarse con un cemento de granulometría diferente a la original, con escasez de partículas muy finas. (Ossa, 1974, pág. 85)

**b) Fraguado de bolsa (bag set).**

Se caracteriza por la presencia de grumos en el cemento almacenado bajo condiciones de humedad, la causa es la reacción química entre el cemento y la humedad presente en el aire. Aumentando el contenido de pérdidas al fuego que varía en intensidad de acuerdo a la humedad del aire. El fraguado de bolsa con grumos puede interrumpirse, cuando aún se encuentra en estado flojo, ocurriendo de nuevo solamente en el mismo material bajo una exposición similar. El fraguado de bolsas ocasiona alteraciones en el comportamiento normal de un cemento:

- Mayor cantidad de agua para lograr la consistencia normal de la pasta.
- Mayor tiempo de mezclado del concreto.
- Caída de las resistencias.
- Variación en el tiempo de fraguado, en algunos casos fraguado rápido.

(Rincon, 2006)

Se puede estimar que el empleo de cemento hidratado en un 30% referido al peso total, con gránulos no mayores de 1/4" trae como consecuencia una reducción en la resistencia a 28 días del orden del 25%, dependiendo del cemento en particular. (Pasquel, 1998)

**c) Cambio en las propiedades mecánicas.**

Cuando nos referimos al cambio en las propiedades mecánicas del cemento, hacemos referencia al cambio en las propiedades mecánicas del concreto

elaborado con este cemento, en la bibliografía se hace mención especial a la resistencia a la compresión del concreto:

Se sabe que el almacenamiento del cemento puede afectar su propiedad más importante: la resistencia a la compresión del concreto. (...) Se ha encontrado un retardo en el fraguado, bajo desarrollo del calor de hidratación y densidades más bajas que las muestras de concreto con cemento fresco. Los valores de resistencia a 28 días se redujeron en 30%. (...), pero solamente en un 12% si las bolsas son cubiertas con un manto de polietileno.

Otras investigaciones, como la realizada por Maultzsch et al., estudiaron el comportamiento del cemento a tiempos mucho mayores de almacenamiento (10 a 15 años), determinando que el valor de resistencia a la compresión a 2 días de vaciado sufre una reducción entre 40 a 60%, mientras que, para 10 semanas de almacenamiento, la resistencia a la compresión a 28 días de vaciado se redujo sólo 20%. (Aranda, Quispe, & La Jara, pág. 3)

Es necesario que el cemento almacenado por periodos mayores de 60 días sea controlado en laboratorio antes de su empleo en obras. (Ossa, 1974, pág. 103)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica del estudio.

El presente proyecto se desarrolló en la ciudad de Puno, la región Puno está ubicada en la sierra sudeste del país, en la meseta del Collao a: 13°00'66"00" y 17°17'30" de latitud sur y los 71°06'57" y 68°48'46" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limita por el Sur, con la región Tacna. Por el Este, con la República de Bolivia y por el oeste, con las regiones de Cusco, Arequipa y Moquegua.

#### 3.2. Periodo y duración del estudio.

El estudio se inició en el mes de junio del año 2018 adquiriéndose los materiales para realizar la investigación y tuvo una duración de 7 meses.

Actividad	mes												
	1	2	3	4	5	6	7						
adquisición del cemento	X	X	X	X	X								

#### 3.3. Materiales.

A continuación, se describe los materiales empleados en la fabricación de las mezclas de concreto y se ha utilizado cemento Rumi IP, agregados de la cantera Cutimbo y agua.

##### 3.3.1. Cantera.

Los agregados usados en este trabajo fueron traídos de la cantera Cutimbo, se optó por esta cantera porque estos agregados son los más utilizados en obras civiles en la ciudad de Puno, por ser accesibles, cercanos y de buena calidad. Son en su mayoría de origen sedimentario donde la acción erosiva de las aguas fluviales, la fuerza hidráulica y el acarreo de estos minerales nos proporcionan un agregado de forma redondeada, denominados canto rodado.

**Procedencia del material utilizado**

CANTERA CUTIMBO: La ubicación de la cantera permite conocer la accesibilidad al material así como la influencia en el mercado, y su aplicación en la ciudad de Puno, y sus características son las siguientes: (MTC.)

UBICACIÓN: Km. 23+000 de la Ciudad Puno, desvió puente Cutimbo salida a Moquegua.

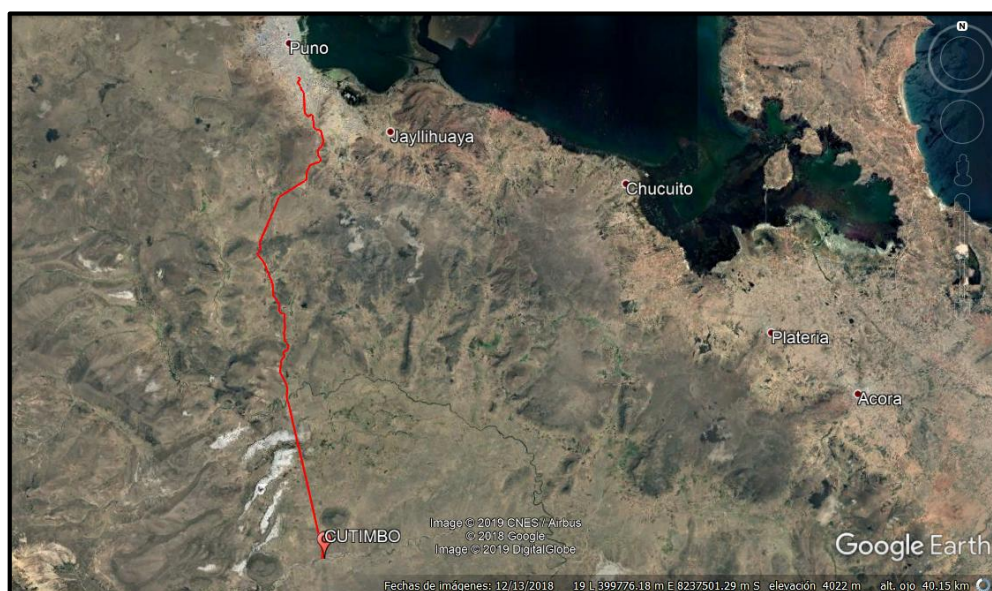
ACCESO: Lado izquierdo del puente Cutimbo

PROPIETARIO: Municipalidad distrital de Pichacani.

MATERIAL: Arena y grava de río

**Tabla 4: Coordenadas UTM de la cantera**

COORDENADAS UTM : ZONA 19 South				
Nº	NOMBRE	Norte	Este	Altura Geoidal
1	CUTIMBO	8226822.91	392062.82	3917.00



**Figura 2: Ubicación de la cantera**

**Fuente:** <https://www.google.com/maps/place/Puno,+Perú/>



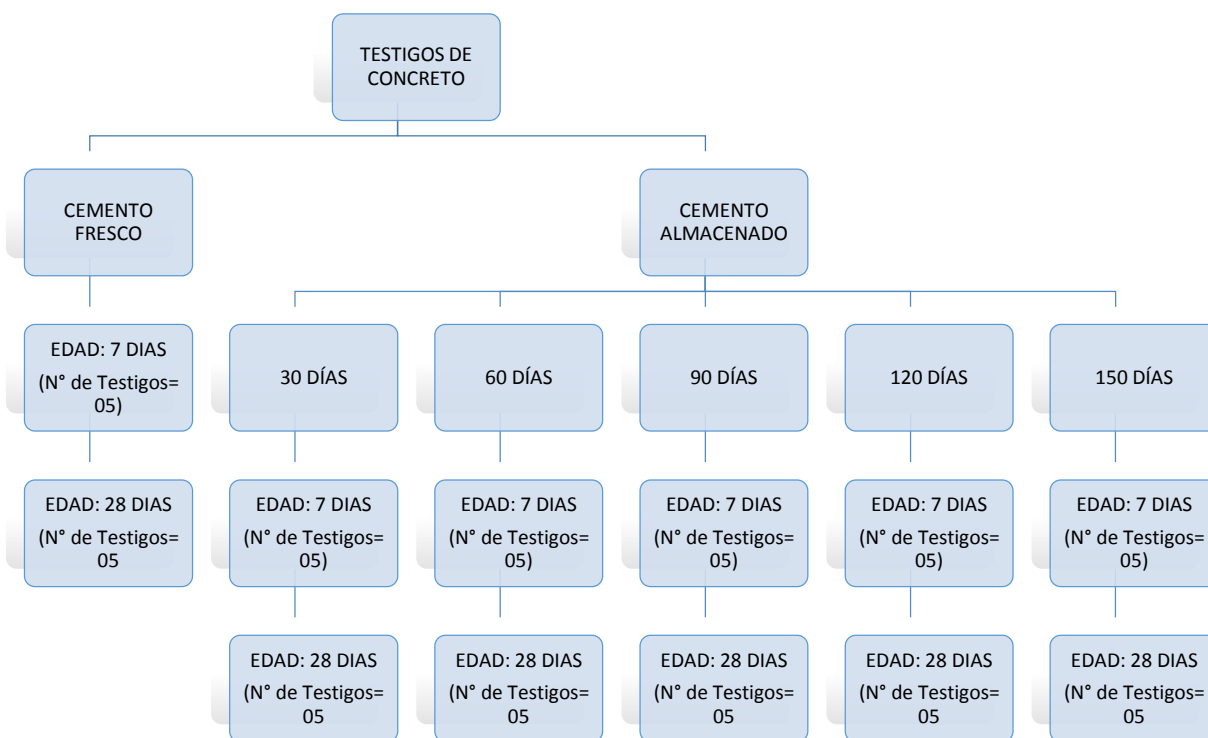
**3.3.2. Cemento.**

Para la presente investigación se ha utilizado Cemento Portland Tipo IP, marca Rumi con peso específico 2.82 g/cm<sup>3</sup>.

**3.4. Población y muestra de estudio.**

Población: Testigos de concreto elaborado con cemento almacenado

Muestra: 60 testigos de concreto elaborados para someter al ensayo de resistencia a la compresión, distribuidos de la siguiente manera:





*Figura 3: Testigos de concreto*  
*Fuente: elaboración propia*

### **3.5. Ensayos realizados en el agregado fino.**

Se utilizó el tamiz N°4 (4.75mm) para separar el agregado en grueso y fino. La separación se realizó de la siguiente manera:

- Primero se realizó el extendido del material, para realizar el secado de dicho material permitiendo así que las partículas del agregado fino no se adhieran al agregado grueso.
- Luego se realizó la separación de agregado fino y agregado grueso con el material (ya seco) con ayuda de la malla N°4.

#### **3.5.1. Contenido de humedad (NTP 400.016)**

##### **❖ EQUIPO UTILIZADO**

- Balanza con precisión a 0.1% del peso de la muestra ensayada
- Taras
- Horno a 110°C+/-5°C

❖ **PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS:**

- Se realizó el cuarteo del material para tomar una muestra representativa, se colocó la muestra en envases previamente tarados.
- Se registró el peso de la tara más el material húmedo y se llevó al horno por 24 horas pasado este tiempo, y luego del enfriado, se procedió a pesar el material seco.
- Se tomó 3 muestras para sacar un promedio para que el ensayo sea más aproximado.
- Se realizaron los cálculos de acuerdo a la ecuación

$$\text{Contenido de Humedad del Agr. Fino} = \frac{\text{Peso Humedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

*Tabla 5: Contenido de humedad agregado fino*

HUMEDAD AGREGADO FINO				
DESCRIPCION	UNIDAD	Numero de Ensayos		
		1	2	3
Peso de la Capsula	gr.	30.10	27.75	31.76
Peso Capsula + Muestra Húmeda	gr.	343.12	338.11	321.45
Peso Capsula + Muestra Seca	gr.	328.95	323.70	325.26
Peso del Agua	gr.	14.17	14.41	13.99
Peso de la Muestra Seca	gr.	298.85	295.95	293.5
Contenido de Humedad Parcial	%	4.74	4.87	4.77
<b>Contenido de Humedad Promedio</b>	<b>%</b>	<b>4.79</b>		

*Fuente: Elaboración propia***3.5.2. Peso específico y absorción (NTP 400.022)**

La Norma Técnica Peruana NTP 400.022, establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino.

**❖ EQUIPOS Y MATERIALES**

- Recipientes
- Cocina Eléctrica
- Cucharones
- Cono de Absorción y su martillo
- Balanza de Precisión
- Pipeta
- Fiola
- Horno
- Muestra de agregado fino saturada por 24 horas

**❖ PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS:**

- Se pesó una muestra aproximadamente de 3 kg, y se saturó durante 24 horas.
- Pasadas las 24 horas se escurrió el agua, se colocó y se esparció el material sobre una bandeja. Para que seque superficialmente al medio ambiente.
- Para comprobar si la muestra se encuentra en estado saturado y superficialmente seco S.S.S, se colocó en un molde troncónico metálico (cono de absorción). Se apisonó con 25 golpes el material, si al levantar el molde, la muestra queda exacta al molde, entonces falta secar superficialmente, si queda desmoronado parcialmente y de punta, significara que la muestra está S.S.S.
- Previamente se pesó la fiola.
- Se introdujo la muestra obtenida en estado saturada superficialmente seca (S.S.S) dentro de la fiola.

- Se llenó con agua la fiola que contiene la muestra hasta la medida marcada en la fiola, se agitó para eliminar vacíos.
- Se eliminó las burbujas de aire agitando la fiola y se dejó reposar por 15 - 20 minutos.
- Se colocó la fiola con la muestra sobre una cocina eléctrica, dentro de un depósito con agua para eliminar los vacíos (aire), se retiró luego de verificar de que no exista aire dentro de la muestra cuando lo agitamos.
- Se dejó enfriar la fiola con la muestra dentro de ella a temperatura ambiente y luego se procedió a pesar.
- Se pesó la fiola más la muestra más el agua y previamente se pesó la fiola vacía.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B+S-C}$$

$$\text{Peso específico aparente (S. S. S. )} = \frac{AS}{B+S-C}$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{B+A-C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{S-A}{A} * 100$$

**Dónde:**

A: Peso seco de la muestra.

B: Peso del frasco + agua.

C: Peso del frasco + agua + muestra.

S: Peso de la muestra saturada con superficie seca.

**Tabla 6:** Datos del ensayo de peso específico del agregado fino y resultados.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO			
DATOS			
N°	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD
1	PESO DE LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECA	gr.	500.15
2	PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	gr.	712.10
3	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	gr.	1008.08
4	PESO DEL LA ARENA SECADA AL HORNO + PESO DE LA TARA	gr.	592.25
5	PESO DE LA TARA	gr.	114.76
6	PESO DEL LA ARENA SECADA AL HORNO (4-5)	gr.	477.49
RESULTADOS			
1	PESO ESPECIFICO APARENTE (6/(2+1-3))	gr/cm3	2.34
2	PORCENTAJE DE ABSORCION ((1-6)/6)	%	4.75

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.5.3. Peso unitario (NTP 400.017)

El peso unitario es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en kg / m3.

**Peso Unitario Suelto: (P.U.S.):**

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso del material suelto (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m3)}}$$

**Peso Unitario Compactado: (P.U.C.):**

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso del material compactado (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m3)}}$$

#### ❖ EQUIPOS Y MATERIALES

- Una balanza de precisión.
- Un molde para hacer el ensayo (olla de dimensiones en cm.).

- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Una brocha.
- Recipientes.

#### ❖ **PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS**

##### ❖ **PESO UNITARIO SUELTO:**

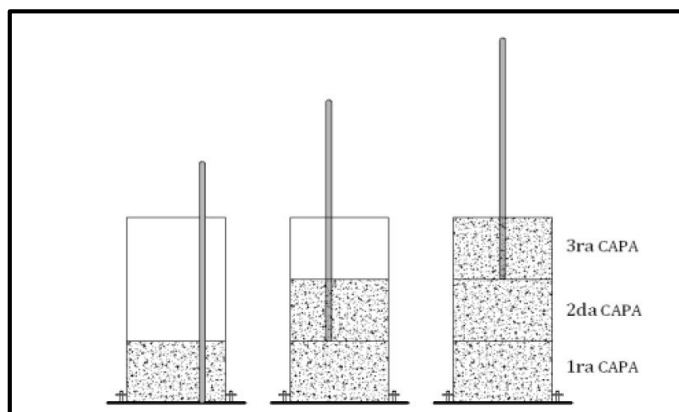
- El recipiente de medida se llenó con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") por encima de la parte superior del recipiente se hizo sin causar ningún tipo de movimiento para evitar el asentamiento. El agregado sobrante se elimina con una regla o la misma varilla.
- Cuando se llenó el molde, el agregado sobrante se elimina con una regla, luego se pesó el material. El volumen del molde cilíndrico ya lo debemos conocer, o por lo contrario lo calculamos de acuerdo al diámetro.

##### ❖ **PESO UNITARIO COMPACTADO:**

- Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se niveló la superficie con la mano. Se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llenó la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se eliminó utilizando la barra compactadora como regla.
- Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se emplea la fuerza suficiente

para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.

- Se enrasó el molde y luego se procedió a pesarlo, para determinar la capacidad o volumen exacto de la olla se le llenará con agua y se le pesará.



**Figura 4:** Representación de compactación por capas  
**Fuente:** A. Torre (2010), “Tecnología de los materiales”

**Tabla 7:** Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO				
DESCRIPCION	UND.	N° DE MUESTRAS		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	13365.00	13340.00	13349.00
Peso del molde	g	4780.00	4780.00	4780.00
Peso del material	g	8585.00	8560.00	8569.00
Volumen del molde	cm3	6880.00	6880.00	6880.00
Peso unitario	g/cm3	1.248	1.244	1.245
Promedio	g/cm3	1.246		

PESO UNITARIO VARILLADO AGREGADO FINO				
DESCRIPCION	UND.	N° DE MUESTRAS		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	13979.00	13936.00	13995.00
Peso del molde	g	4780.00	4780.00	4780.00
Peso del material	g	9199.00	9156.00	9215.00
Volumen del molde	cm3	6880.00	6880.00	6880.00
Peso unitario	g/cm3	1.337	1.331	1.339
Promedio	g/cm3	1.336		

**Fuente:** Elaboración propia



### 3.5.4. Granulometría (NTP 400.012)

Normalmente la granulometría del agregado fino se expresa en términos de los porcentajes retenidos en los tamices ASTM N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.

#### ❖ EQUIPOS Y MATERIALES

- Una balanza de precisión.
- Recipientes.
- Brocha.
- Serie de tamices: N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.

#### ❖ PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS

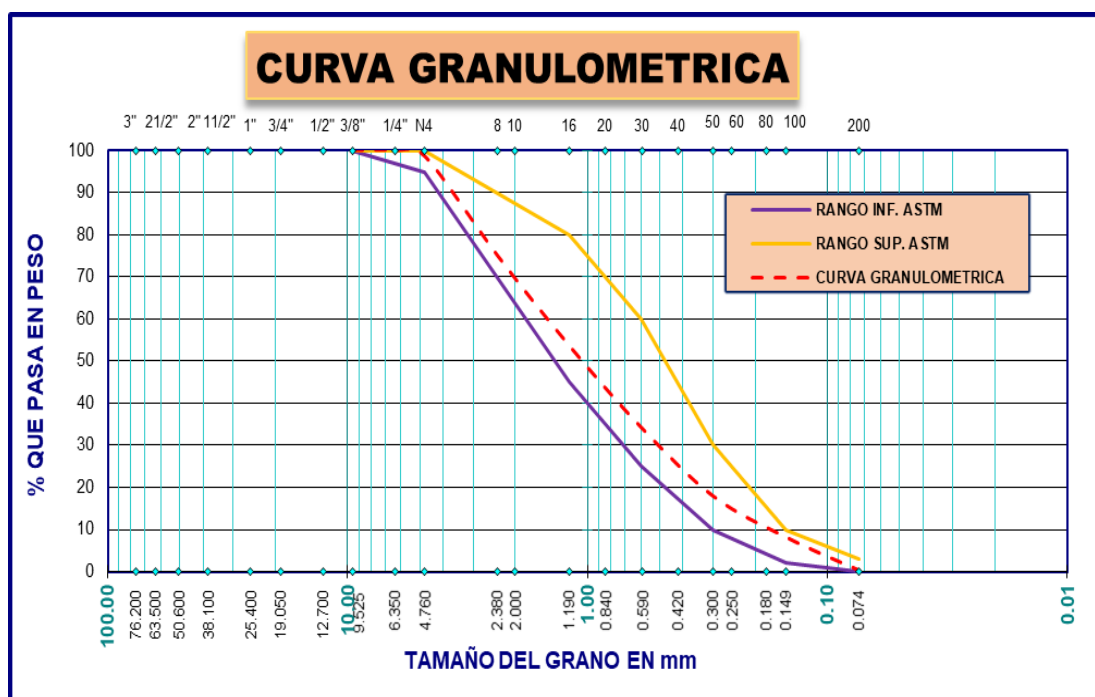
- Se tomó una muestra por cuarteo no menor de 500 gr.
- El tamizado se hizo usando los tamices, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200; colocados en orden decreciente según tamaño de abertura.
- Luego se procedió a colocar la muestra de agregado en la malla superior, y se imprimió movimientos a la muestra (adelante, atrás, izquierda, derecha, y circular), no se debe forzar con la mano el paso de una partícula.
- Se da por finalizada la operación del tamizado cuando en el transcurso de un minuto no pase más del 1% en peso del material sobre el tamiz.
- Se procedió a retirar cada tamiz con mucho cuidado y pesar el material retenido en cada una de ellas y anotar estos resultados.
- Luego se realizó los cálculos.

Se puede observar que la granulometría del agregado fino está dentro de los límites establecidos por la norma NTP 400.037, como se muestra en la siguiente figura.

**Tabla 8: Granulometría del agregado fino**

TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION	
4"	101.600						Peso inicial gr. 1385.0 gr.	
3"	76.200						peso final gr. 1381.4 gr.	
21/2"	63.500						perdida % 0.26 %	
2"	50.800						<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>	
11/2"	38.100							
1"	25.400							Modulo de fineza 3.12
3/4"	19.050							Peso Especifico gr/cm3
1/2"	12.700						Peso Unt. Suelto tn/m3	
3/8"	9.525				100.00	100 100	Peso Unt. Varillado tn/m3	
1/4"	6.350	0.0	0.00	0.00	100.00		Humedad Natural %	
N° 4	4.760	20.3	1.47	1.47	98.53	95 100	Absorcion %	
N° 8	2.360	327.3	23.69	25.16	74.84		<b>OBSERVACIONES:</b>	
N° 16	1.190	293.5	21.24	46.41	53.59	45 80		
N° 30	0.600	265.4	19.22	65.62	34.38	25 60		
N° 50	0.300	226.3	16.38	82.00	18.00	10 30		
N° 100	0.149	134.7	9.75	91.76	8.24	2 10		
N° 200	0.074	108.6	7.86	99.62	0.38	0 3		
< N° 200		5.3	0.38	100.00	0.00			
<b>TOTAL</b>		<b>1381.4</b>	<b>100.00</b>					

Fuente: Elaboración propia



**Figura 5: Curva granulométrica del agregado fino**

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.4.1. Módulo de fineza (NTP 400.011)

$$MF = \frac{\Sigma\% \text{ Acum. Ret. (3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

El módulo de fineza del agregado fino ensayado es: 3.12

## 3.6. Ensayos realizados en el agregado grueso.

### 3.6.1. Contenido de humedad (NTP 400.016)

El procedimiento para el cálculo es similar a lo realizado para el agregado fino.

*Tabla 9: Humedad del agregado fino*

HUMEDAD AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCION	UNIDAD	Numero de Ensayos		
		1	2	3
Peso de la Capsula	gr.	29.87	32.35	92.30
Peso Capsula + Muestra Húmeda	gr.	410.44	376.65	537.96
Peso Capsula + Muestra Seca	gr.	397.90	365.05	523.40
Peso del Agua	gr.	12.54	11.6	14.56
Peso de la Muestra Seca	gr.	368.03	332.7	431.1
Contenido de Humedad Parcial	%	3.41	3.49	3.38
<b>Contenido de Humedad Promedio</b>	<b>%</b>		<b>3.42</b>	

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.2. Peso específico y absorción (NTP 400.021)

#### ❖ EQUIPOS Y MATERIALES

- Canastilla (adecuamos en este caso un tamiz)
- Balanza calibrada
- Franelas
- Agregado grueso

#### ❖ PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS

- Se lavó la muestra y eliminó todas las impurezas.

- Se sumergió la muestra durante 24 horas previamente se retiró a aquellas que pasan la N° 4.
- Luego se colocó el material dentro de la canastilla sumergida y pesar.
- Se colocó el material ya pesado en un recipiente y se llevó al horno por 24 horas.
- Se obtuvo el peso de la muestra seca al horno.
- Al día siguiente se escurrió el agua y se esparció el material sobre una franela y con la misma se secó a fin de tenerlo en condición saturado superficialmente eco. Se pesó aproximadamente 2 kg de este material S.S.S. anotar el peso de esta.
- Se calibró la balanza con la canastilla dentro del agua.

Hallando el peso específico aparente:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B-C}$$

Hallando el peso específico aparente (s.s.s):

$$\text{Peso específico aparente (s.s.s)} = \frac{B}{B-C}$$

Hallando el peso específico nominal:

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A-C}$$

Porcentaje de Absorción:

$$\% \text{ Absorción} = 100 * \frac{B-A}{A}$$

**Donde:**

A: peso de la muestra secada al horno

B: peso de la muestra saturada superficialmente seca

C: peso sumergido en agua de la muestra saturada superficialmente seca

**Tabla 10:** *Peso específico y absorción de agregado grueso*

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO			
DATOS			
N°	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD
1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	gr.	590.26
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr.	612.73
3	PESO DE LA PROBETA AFORADO + PESO DEL AGUA	gr.	1512.61
4	PESO DE LA PROBETA + PESO DEL AGUA + PESO DE LA MUESTRA SATUR. SUPER. SECA	gr.	1870.18
5	PESO DE LA TARA	gr.	109.76
6	PESO DEL LA MUESTRA SECADA AL HORNO + PESO DE LA TARA	gr.	700.02
RESULTADOS			
1	PESO ESPECIFICO APARENTE (6/(2+1-3))	gr/cm3	2.31
2	PORCENTAJE DE ABSORCION ((1-6)/6)	%	3.81

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.3. Peso unitario (NTP 400.017)

El procedimiento para el peso unitario suelto o compactado para el agregado grueso, es el mismo que se obtiene para el agregado fino, en donde:

PESO UNITARIO SUELTO: (P.U.S.)

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso del material suelto (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

PESO UNITARIO COMPACTADO: (P.U.C.)

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso del material compactado (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

#### ❖ EQUIPOS Y MATERIALES

- Una balanza de precisión.
- Un molde para hacer el ensayo (olla de dimensiones dadas en cm).

- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Una brocha.
- Recipientes.

#### ❖ **PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS**

Para la determinación de peso unitario suelo y compactado se procederá del mismo modo que para el Agregado Fino.

#### ❖ **PESO UNITARIO SUELTO:**

- El recipiente de medida se llenó con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") por encima de la parte superior del recipiente se hace sin causar ningún tipo de movimiento para evitar el asentamiento. El agregado sobrante se eliminó con una regla o la misma varilla.
- Cuando se llenó el molde, el agregado sobrante se eliminó con una regla.
- Luego se procedió a pesar el material.
- El volumen del molde cilíndrico se debió conocer, o por lo contrario lo calculamos de acuerdo al diámetro.

#### ❖ **PESO UNITARIO COMPACTADO:**

- Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se niveló la superficie con la mano. Se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llenó la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con

la barra compactadora; el agregado sobrante se eliminó utilizando la barra compactadora como regla.

Al compactar la primera capa, se procuró que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se empleó la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.

- Se enrasó el molde y luego se pesó.
- Para determinar la capacidad o volumen exacto de la olla se le llenó con agua y se le pesó. Obteniendo el peso de agua contenida se determinó el volumen.

*Tabla 11: Peso unitario compactado del agregado grueso*

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCION	UND.	N° DE MUESTRAS		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	12958.00	12912.00	12954.00
Peso del molde	g	4780.00	4780.00	4780.00
Peso del material	g	8178.00	8132.00	8174.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	6880.00	6880.00	6880.00
Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.189	1.182	1.188
Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1.186		
PESO UNITARIO VARILLADO AGREGADO GRUESO				
DESCRIPCION	UND.	N° DE MUESTRAS		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	13764.00	13718.00	13697.00
Peso del molde	g	4780.00	4780.00	4780.00
Peso del material	g	8984.00	8938.00	8917.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	6880.00	6880.00	6880.00
Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.306	1.299	1.296
Promedio	g/cm <sup>3</sup>	1.300		

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6.4. Granulometría (NTP 400.012)

#### ❖ PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS

- Se tomó una muestra representativa por cuarteo la cantidad de 5 Kg.

- Se limpió los tamices y se verificó el orden de colocación de estas en orden decreciente.
- Se colocó varios recipientes cerca al lugar donde se hizo el ensayo, esto para colocar el material acumulado en cada tamiz.
- Se procedió a colocar la muestra de agregado en la malla superior, y se imprimen movimientos a la muestra (adelante, atrás, izquierda, derecha y circular) no se debe forzar con la mano el paso de una partícula a través de los tamices.
- Cuando ya se encontró lleno de muestras los tamices, se colocó las muestras retenidas de cada tamiz en los recipientes.
- Se da por finalizada la operación de tamizado, cuando en el transcurso de un minuto no pasó más del 1% en peso del material sobre el tamiz.
- Se retiró malla por malla y se pesó el material retenido en cada una y se anotó los resultados.
- Después de culminar el tamizado del material se procedió a pesar cada retenido, para su cálculo respectivo.

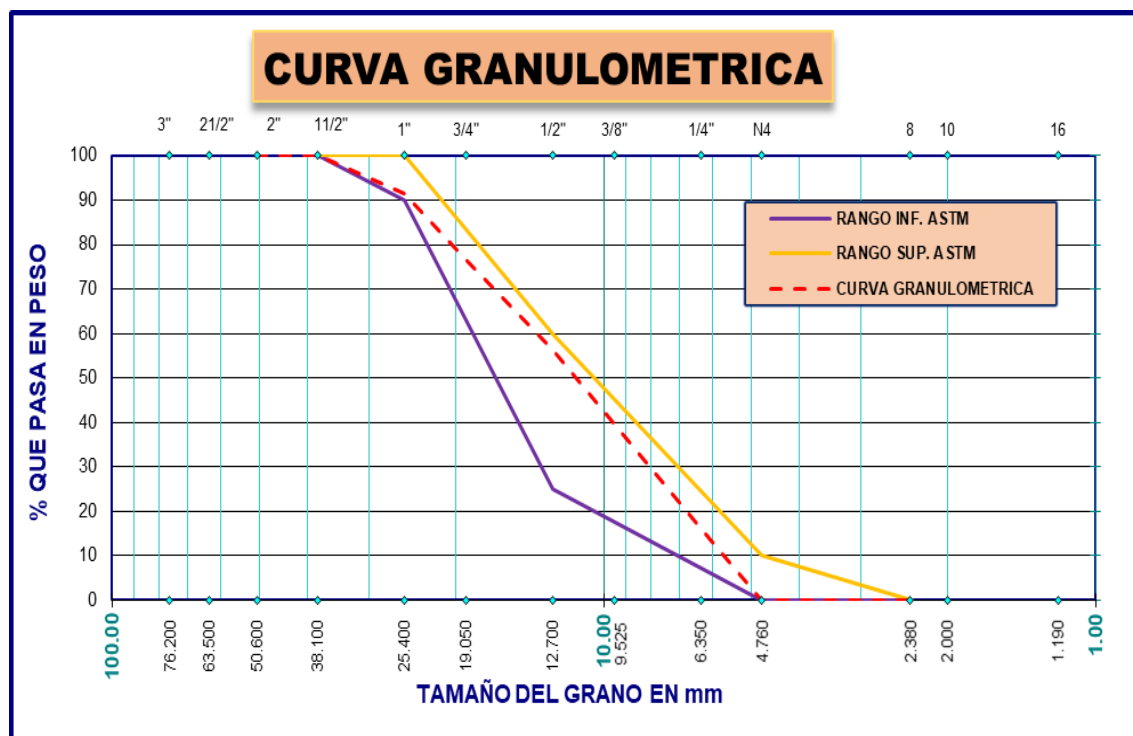
Se observa en la siguiente figura, que la granulometría del agregado grueso está dentro de los límites establecidos (Huso 057) por la norma NTP 400.037.



**Tabla 12: Granulometría del agregado grueso**

TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	% PESO RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION
4"	101.600						Peso inicial gr. 10000 gr.
3"	76.200						peso final gr. 9990.0 gr.
2 1/2"	63.500						perdida % 0.10 %
2"	50.800				100.00		<b>CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA</b>
1 1/2"	38.100	0	0.00	0.00	100.00	100 100	
1"	25.400	840	8.41	8.41	91.59	90 100	Modulo de fineza 6.84
3/4"	19.050	1510	15.12	23.52	76.48		Peso Especifico gr/cm3
1/2"	12.700	2010	20.12	43.64	56.36	25 60	Peso Unt. Suelto tn/m3
3/8"	9.525	1670	16.72	60.36	39.64		Peso Unt. Varillado tn/m3
1/4"	6.350	2350	23.52	83.88	16.12		Humedad Natural %
N° 4	4.760	1610	16.12	100.00	0.00	0 10	Absorcion %
N° 8	2.360	0	0.00	100.00	0.00	0 0	<b>OBSERVACIONES:</b>
N° 16	1.190			100.00			
N° 30	0.600			100.00			
N° 50	0.300			100.00			
N° 100	0.149			100.00			
N° 200	0.074			100.00			
< N° 200				100.00			
<b>TOTAL</b>		<b>9990.0</b>	<b>100.00</b>				

Fuente: Elaboración propia



**Figura 6: Curva granulométrica del agregado grueso**

Fuente: Elaboración propia

**3.6.4.1. Tamaño máximo (NTP 400.037)**

De los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso se tiene un Tamaño máximo de 1 1/2”

**3.6.4.2. Tamaño máximo nominal (NTP 400.037)**

De los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso se tiene un Tamaño Máximo Nominal de 1”

**Tabla 13: Límites granulométricos para el agregado grueso –Norma ASTM**

Huso	Tamaño Máximo Nominal	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso													
		Porcentaje que pasa por los Tamices Normalizados													
		100mm	90mm	75mm	63mm	50mm	37,5mm	25mm	19mm	12,5mm	9,5mm	4,75mm	2,36mm	1,18mm	475µm
		4 pulg	3 ½ pulg	3 pulg	2 ½ pulg	2 pulg	1 ½ pulg	1 pulg	¾ pulg	½ pulg	3/8 pulg	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 50
1	90mm a 37.5mm (3½ Pulg a 1½ Pulg)	100	90 a 100	0	25 a 60	0	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
2	63mm a 37.5mm (2½ Pulg a 1½ Pulg)	0	0	100	9 a 100	35 a 70	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
3	50mm a 25mm (2 Pulg a 1 Pulg)	0	0	0	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0
357	50mm a 4.75mm (2 Pulg a Nº4)	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0	0 a 5	0	0	0
4	37.5mm a 19mm (1½ Pulg a ¾Pulg)	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0
467	37.5mm a 4.75mm (1½ Pulg a Nº4)	0	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0 a 5	0	0	0
5	25mm a 12.5mm (1 Pulg a ½ Pulg)	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	0	0	0	0
56	25mm a 9.5mm (1 Pulg a 3/8 Pulg)	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	0	0	0
57	25mm a 4.75mm (1 Pulg a Nº4)	0	0	0	0	0	100	95 a 100	0	25 a 60	0	0 a 10	0 a 5	0	0
6	19mm a 9.5mm (¾Pulg a 3/8 Pulg)	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	0	0	0
67	19mm a 4.75mm (¾Pulg a Nº4)	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	0	20 a 55	0 a 10	0 a 5	0	0
7	12.5mm a 4.75mm (½ Pulg a Nº4)	0	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	0	0
8	9.5mm a 2.36mm (3/8 Pulg a Nº8)	0	0	0	0	0	0	0	0	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	0
89	9.5mm a 1.18mm (3/8 Pulg a Nº16)	0	0	0	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75mm a 1.18mm (Nº4 a Nº16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

**Fuente:** Norma ASTM C33:2011

**3.7. Diseño de mezcla de concreto.**

El diseño de mezclas se ha realizado por el método del Módulo de Fineza, buscando así obtener una mejor combinación de los agregados grueso y fino (en función de sus módulos de fineza).

La resistencia a la compresión de diseño que se planteó fue de 210 kg/cm<sup>2</sup> (a los 28 días), puesto que ésta es considerada como la resistencia mínima en elementos estructurales.

❖ Los materiales

• Materiales Cementantes

Se trabajó con cemento portland tipo IP (ASTM C150), por ser este de uso general para obras sin especificaciones particulares, y la marca Rumi por ser esta comercial en la ciudad de Puno, se utilizó peso específico 2.82 gr/cm<sup>3</sup>.

• Agregados

Se utilizaron los agregados provenientes de la cantera Cutimbo, el tamaño estándar del agregado grueso se ciñe a la gradación N° 57 (ASTM C 33)

• Agua

Se usó agua potable de la Urb. Ciudad Jardín, Jayllihuaya – PUNO, proveniente de la captación de Chimu administrada por Emsa-Puno

❖ Almacenamiento del cemento

El almacenamiento del cemento fue según reglamento NTP 334.009 y ASTM C150, se apilaron 10 bolsas de cemento.



**Figura 7:** Almacenamiento del cemento  
*Fuente:* Elaboración propia

**3.7.1. Diseño de mezcla  $f'_c$  210 kg/cm<sup>2</sup> – método: módulo de fineza.**

A continuación se presenta la secuencia del diseño de mezcla del concreto.

**a) Cálculo de la resistencia promedio**

Puesto que no se cuenta con registros anteriores de desviación estándar, para el cálculo de la resistencia promedio se utilizó la siguiente tabla:

**Tabla 14:** *Calculo de resistencia promedio*

$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	<b><math>f'_c + 84</math></b>
sobre 350	$f'_c + 98$

**Fuente:** Enrique Riva López, “Diseño de mezclas”. Pág. 57.

Por lo tanto para una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se considera el factor de 84 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo una resistencia promedio de 294 kg/cm<sup>2</sup>.

**b) Tamaño máximo nominal del agregado**

El tamaño máximo nominal del agregado grueso utilizado en la presente investigación es de 1", siendo el tamaño máximo 1 ½".

**c) Selección del asentamiento**

Se realizó el diseño de mezcla con una consistencia plástica con el fin de garantizar la trabajabilidad del concreto, teniéndose un revenimiento de 3" a 4".

**d) Volumen unitario de agua**

Para la determinación del volumen unitario de agua, se ha considerado la siguiente tabla establecida por el ACI 211:

*Tabla 15: Volumen unitario de agua*

Asentamiento	Agua, en lt/m <sup>3</sup> , para los tamaños Máximos Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 ½"	2"	3"	6"
<b>Concretos Sin Aire Incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>3" a 4"</b>	228	216	205	<b>193</b>	181	169	145	124
<b>6" a 7"</b>	243	228	216	202	190	178	160	---
<b>Concretos Con Aire Incorporado</b>								
<b>1" a 2"</b>	181	175	168	160	150	142	122	107
<b>3" a 4"</b>	202	193	184	175	165	157	133	119
<b>6" a 7"</b>	216	205	197	184	174	166	154	---

*Fuente: Enrique Riva López, "Diseño de mezclas"*

Por lo tanto para una mezcla de consistencia plástica (revenimiento de 3" a 4"), y de tamaño máximo nominal de 1", se tiene un volumen unitario de 193 l/m<sup>3</sup>.

**e) Selección del contenido de aire**

Puesto que no ha sido considerado la incorporación de aire en el diseño, se procede a obtener el porcentaje de aire atrapado, según la siguiente tabla:

*Tabla 16: Contenido de aire*

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
<b>1"</b>	<b>1.50%</b>
1 ½"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

*Fuente: Enrique Riva López, "Diseño de mezclas"*

Por lo tanto para un tamaño máximo nominal de 1", se tiene 1.5% de aire atrapado en la mezcla.

#### f) Relación agua/cemento

*Tabla 17: Relación agua cemento a/c*

f' <sub>cr</sub> (28 días)	Relación Agua - Cemento de diseño en peso.	
	Concretos Sin Aire Incorporado	Concretos Con Aire Incorporado
150	0.80	0.71
200	<b>0.70</b>	0.61
<b>250</b>	<b>0.62</b>	0.53
<b>300</b>	<b>0.55</b>	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
450	0.38	---

*Fuente: Rivva, 2014.*

Entrando en la tabla, para una resistencia promedio correspondiente a **294 kg/cm<sup>2</sup>** en un concreto sin aire incorporado, se encuentra una relación agua-cemento por resistencia de **0.56**.

**g) Factor cemento (FC)**

Determinamos el factor cemento con la siguiente expresión:

$$FC = \frac{\text{Vol. unitario de agua}}{\text{Relación a/c}} = \frac{193 \text{ l/m}^3}{0.56} = 345.63 \text{ kg/m}^3$$

**h) Cálculo del volumen absoluto de pasta**

Determinamos los volúmenes unitarios de los componentes de la pasta

$$\text{Vol. unitario de cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{P. e. del cemento}} = \frac{345.63 \text{ kg/m}^3}{2820 \text{ kg/m}^3} = 0.120$$

$$\text{Vol. unitario de agua} = \frac{\text{Vol. unit. agua}}{\text{P. e. del agua}} = \frac{193 \text{ l/m}^3}{1000 \text{ l/m}^3} = 0.193$$

$$\text{Vol. unitario de Aire} = \% \text{ de aire atrapado} = 1.5\% = 0.015$$

**Tabla 18:** Volúmenes absolutos de pasta

VOLUMEN ABSOLUTO DE PASTA	
Cemento	0.120
Agua	0.193
Aire	0.015
<b>VOLUMEN ABSOLUTO</b>	<b>0.328</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**i) Cálculo del volumen absoluto de agregado**

Siendo el agregado complemento de la pasta, se tiene que:

$$\text{Vol. absoluto de agregado} = \text{Vol. total (1)} - \text{Vol. absoluto de la pasta}$$

$$\text{Vol. absoluto de agregado} = 1 - 0.328 = 0.672$$

**j) Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados**

Una vez conocido el volumen absoluto de agregado en general, necesitamos obtener los volúmenes absolutos de los agregados grueso y fino respectivamente. Para ello es necesario determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados (*m*), en la siguiente tabla:

*Tabla 19: Módulo de fineza de la combinación de los agregados*

TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO p/g.	Módulo de fineza de la combinación de agregados que dan las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos por metro cubico indicados								
	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19	4.27	4.36	4.44	4.52
1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69	4.77	4.86	4.94	5.02
3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19	5.27	5.36	5.44	5.52
1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49	5.57	5.66	5.74	5.82
1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79	5.87	5.96	6.04	6.12
2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09	6.17	6.26	6.34	6.42
3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39	6.47	6.56	6.64	6.72

*Fuente: Rivva, 2014.*

En la tabla encontramos valores de módulos de fineza de la combinación de agregados (*m*), que ofrecen las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsas/m<sup>3</sup>, entonces para el presente diseño de mezcla:

$$N^{\circ} \text{ de bolsas de cemento por } m^3 = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{Peso de la bolsa}} = \frac{345.63}{42.5} = 8.13$$

Por lo tanto, interpolando se obtiene que para 8.13 bolsas/m<sup>3</sup> de concreto el módulo de fineza de la combinación de agregados (*m*= 5.421).



**k) Cálculo del valor Rf.**

Obtenido a partir de la siguiente expresión:

$$Rf = 100 * \frac{(mg - m)}{(mg - mf)} = 100 * \frac{(6.84 - 5.421)}{(6.84 - 3.12)} = 38.16 \%$$

**Dónde:**

$Rf$  : Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto de agregado.

$Rg$ : Porcentaje de agregado grueso en relación al volumen absoluto de agregado.

$m$  : Módulo de fineza de la combinación de agregados.

$mg$  : Módulo de fineza del agregado grueso.

$mf$  : Módulo de fineza del agregado fino.

**l) Determinación del porcentaje de incidencia del agregado grueso con respecto al agregado global.**

$$\% Rg = 1 - Rf$$

$$\% Rg = 1 - 38.16 \%$$

$$\% Rg = 61.84 \%$$

**m) Cálculo de los volúmenes absolutos del agregado.**

Se procede a obtener los volúmenes absolutos de agregado fino y grueso:

$$Vol. abs. de agregado fino = Rf * Vol. abs. del agregado$$

$$Vol. abs. de agregado fino = 0.3816 * 0.672 = 0.256$$

$$Vol. abs. de agregado grueso = Rg * Vol. abs. del agregado$$

$$Vol. abs. de agregado grueso = 0.6184 * 0.672 = 0.416$$

**n) Cálculo de los pesos secos del agregado.**

$$\text{Peso seco ag. fino} = \text{Vol. abs. de ag. fino} * P. e. \text{ del ag. fino}$$

$$\text{Peso seco ag. fino} = 0.256 * 2340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 599.04 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso seco ag. grueso} = \text{Vol. abs. de ag. grueso} * P. e. \text{ del ag. grueso}$$

$$\text{Peso seco ag. grueso} = 0.416 * 2310 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 960.96 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**o) Cantidad de material por m<sup>3</sup> en peso.**

Cemento	:	345.63	Kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	:	193.00	Lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino	:	599.04	Kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	:	960.96	Kg/m <sup>3</sup>
Peso de la mezcla		2098.63	Kg/m <sup>3</sup>

**p) Corrección por humedad del Agregado.****peso húmedo de:**

agregado fino	599.04	4.79	628.72	Kg/m <sup>3</sup>
agregado grueso	960.96	3.42	992.83	Kg/m <sup>3</sup>

**determinación de humedad superficial del agregado:**

agregado fino	4.79	4.75	0.04	%
agregado grueso	3.42	3.81	-0.39	%

**aporte de humedad del:**

agregado fino	599.04	0.04	0.24	Lt
agregado grueso	960.96	-0.39	-3.74	Lt
			<u>-3.50</u>	Lt

**AGUA EFECTIVA**

agua efectiva	193.00	-3.50	196.50	Lt
---------------	--------	-------	--------	----

**q) Cantidad de material corregido por m<sup>3</sup> de concreto.**

cemento		345.63	Kg/m <sup>3</sup>
agua efectiva		196.50	Lt/m <sup>3</sup>
agregado fino		628.72	Kg/m <sup>3</sup>
agregado grueso		992.83	Kg/m <sup>3</sup>
		<u>2163.69</u>	Kg/m <sup>3</sup>

**r) Proporción en peso de los materiales corregidos.**

cemento	345.63	345.63	1.00
agua efectiva	196.50	345.63	0.57

agregado fino	628.72	345.63	1.82
agregado grueso	992.83	345.63	2.87

**s) Cantidad de material corregido por bolsa de cemento.**

cemento	1.00	42.5	42.50	Kg/bls.
agua efectiva	0.57	42.5	24.16	Lt/bls.
agregado fino	1.82	42.5	77.31	Kg/bls.
agregado grueso	2.87	42.5	122.08	Kg/bls.

Se ha considerado la dosificación en peso con fines de eliminar posibles errores en medición. Además, las correcciones por humedad fueron consideradas para cada fecha de elaboración de concreto.

- Diseño de mezcla según los grupos de prueba

Ya que se analizó el comportamiento únicamente del cemento, para todos los grupos de prueba se realizó con el mismo diseño de mezcla.

### **3.8.Elaboración del concreto.**

Una vez obtenido el diseño de mezcla, se procedió a la elaboración de concreto y realizar los ensayos contemplados a fin de cumplir con los objetivos de la presente investigación, siendo el procedimiento consistente con la norma ASTM C31, y se describe a continuación:

- Se procedió a pesar cada uno de los materiales para la elaboración de concreto.
- Fueron preparados todos los moldes considerados para el vaciado de la tanda mezclada.
- Concluido el mezclado se procedió a verificar el asentamiento de la mezcla de concreto, para después proceder con el vaciado en los moldes necesarios.

### ❖ Instrumentos Utilizados

Para la realización del mezclado de concreto, fueron necesarios los siguientes instrumentos:

- Balanza.
- Herramientas manuales.
- Moldes para vaciado de probetas cilíndricas - ASTM C31
- Varilla apisonadora con punta redondeada de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud.

#### 3.8.1. Probetas de concreto.

Para los ensayos de compresión simple se utilizó probetas o briquetas de 6" x 12" (150 mm de diámetro x 300 mm de altura). Las probetas y la elaboración de especímenes de concreto cumplen la norma NTP 339.033.

Moldeado de los cilindros de prueba

- Se colocó los moldes de cilindros en una superficie nivelada.
- Se engrasó con aceite la pared y la base interior de los moldes cilíndricos.
- Se llenó el molde en tres capas iguales con la cuchara.
- Se compactó la capa apisonando, con una varilla de 5/8" en caso de los moldes de 6"x12", 25 veces uniformemente distribuidas en cada capa.
- Se enrasó la parte superior con la plancha de albañil para obtener una superficie lisa y nivelada.

- Finalmente, se le marcó en la superficie la fecha y el tipo de concreto vaciado.



*Figura 8: Elaboración de probetas cilíndricas*  
*Fuente: Elaboración propia*

#### **3.8.1.1. Curado del concreto.**

Después de su fabricación, las probetas cilíndricas utilizadas para los ensayos de caracterización, se mantuvieron en sus respectivos moldes durante las primeras 24 horas.

Las muestras de concreto han sido extraídas de los moldes a 24 horas del vaciado, según la norma ASTM C 192 las muestras deben ser sumergidas en agua o en un ambiente con un 95% de humedad relativa y a una temperatura mínima de  $23 \pm 2$  °C. Pero esta condición de la temperatura para efectos del presente trabajo, no se ha cumplido, se ha tomado la decisión que el agua usada en el proceso de curado sea la misma que viene de la red pública. En lo posible se ha tratado de mantener la temperatura del agua de curado a 13°C, ya que estas temperaturas son representativas de la realidad en la ciudad de Puno.



*Figura 9: Poza de curado*  
*Fuente: Elaboración propia*

### 3.9. Ensayo realizado al cemento almacenado.

#### 3.9.1. Método de prueba estándar para la finura del cemento hidráulico por el tamiz N°100 norma ASTM C-184.

##### Procedimientos

- Se colocó 50 g de muestra de cemento en un tamiz N°100 limpio y seco (tamaño del orificio de Tamiz de 0.15 mm), con la bandeja adherida. Mientras se sostuvo el tamiz y la bandeja descubierta en ambas manos el tamiz y se realizó con una muñeca un suave movimiento hasta que la mayoría de los materiales finos han pasado y el residuo se vea bastante limpio.
- Se colocó la tapa en el tamiz y se retiró la bandeja. Se sostuvo con firmeza en una mano, se golpeó suavemente el lado del tamiz. El polvo adherido al tamiz se desplazará y la parte inferior del tamiz ahora puede ser limpiado.
- Se vació la base y se limpió con un paño o una servilleta. Se volvió a colocar el tamiz con la base y se retiró con cuidado la cubierta, regresar cualquier material más grueso en la cubierta, atrapado durante el golpeteo del tamiz.

- Se continuó el tamizado como se describió anteriormente, sin la cubierta, dependiendo de la condición del cemento.
- Se giró continuamente el tamiz junto con un movimiento suave de la muñeca, teniendo cuidado de no derramar ningún cemento. Se continuó esto por alrededor de 9 minutos. Se volvió a colocar la tapa y se limpió, siguiendo el mismo procedimiento como se describió anteriormente. Si el cemento está en condiciones adecuadas, no debe quedar polvo apreciable en el residuo o adhiriéndose al tamiz y a la base.
- Se realizó la prueba de 1 minuto de la siguiente manera: Sostenga el tamiz con una mano, con la bandeja y la tapa unidas, en posición ligeramente inclinada y mueva retrocede y avanza en el plano de inclinación. Al mismo tiempo golpee suavemente el costado unas 150 veces por minuto contra la palma de la mano la otra mano en la carrera ascendente. Se realizó el tamizado sobre una hoja de papel blanco. Devuelva cualquier material que se escape del tamiz o bandeja.



**Figura 10:** Método de prueba estándar para la finura del cemento hidráulico por el tamiz N°100

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 20:** Porcentaje de grumo presente en el cemento

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TIEMPO	% DE GRUMO
7 DÍAS	C° (fresco)	0.00 %
30 DÍAS	C° (TAC-30)	0.00 %
60 DÍAS	C° (TAC-60)	0.20 %
90 DÍAS	C° (TAC-90)	3.22 %
120 DÍAS	C° (TAC-120)	9.80 %
150 DÍAS	C° (TAC-150)	13.60 %

Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento, C°: Concreto.

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.10. Ensayo realizado en concreto fresco.

Una vez obtenido el diseño de mezclas se procedió a realizar el vaciado del concreto en los moldes, siendo necesario la realización de ensayos en estado fresco del concreto, con la finalidad de controlar el asentamiento o SLUMP de la mezcla de concreto, parámetro principal de control en lo que a la trabajabilidad del concreto respecta.

#### 3.10.1. Ensayo de revenimiento o asentamiento en el cono de abrams (ASTM-C143).

El presente ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM-C143. Para realizar esta prueba se utilizó un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20cm, y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para compactar el concreto se utilizó una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica. (Abanto, 1995)



❖ Descripción del proceso

- El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vertió una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisonó con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.
- Enseguida se colocó otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.
- La tercera capa se llenó en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levantó lenta y cuidadosamente en dirección vertical.
- El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.
- Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.



**Figura 11:** Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 21:** Datos de asentamiento para los grupos de control

Descripción	Fecha de moldeo	Mediciones tomadas			Asentamiento en el cono de Abrams	
		1°	2°	3°	Promedio	
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[pulg]
C°(fresco)	17/10/2018	97	98	98	98	3.85
C°(TAC-30)	17/10/2018	86	84	90	87	3.41
C°(TAC-60)	22/10/2018	76	78	76	77	3.02
C°(TAC-90)	23/10/2018	62	64	65	64	2.51
C°(TAC-120)	24/10/2018	56	57	59	57	2.26
C°(TAC-150)	25/10/2018	50	51	52	51	2.01

Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento.

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.11. Ensayo realizado en concreto endurecido.

#### 3.11.1. Ensayo de resistencia a la compresión.

Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron según la norma del ASTM C39 y la NTP 339.034. Se utilizaron probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y de 300 mm de altura. Se ensayaron 60 probetas a 7 y 28 días; para probetas con cemento almacenado a los 7, 30, 60, 90, 120 y 150 días.

La resistencia a la compresión de la probeta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f'c = PA \text{ (kg/cm}^2\text{)}; A = \pi\phi^2 4$$

**Dónde:**

$f'c$ : Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto. (Kg/cm<sup>2</sup>).

**P**: Carga de rotura (kg).

$\phi$ : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm).

**A**: Área promedio de la probeta (cm<sup>2</sup>).

❖ **Equipo utilizado**

- Máquina de prueba.
- Bloques de acero con caras duras. (Anillos con neopreno).



**Figura 12:** Ensayo de compresión del concreto  
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 22:** Mediciones tomadas del ensayo de resistencia a la compresión del concreto

Descripción	Fecha de rotura	Edad de rotura	Mediciones tomadas					Resistencia
			1°	2°	3°	4°	5°	la
			días	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
C° (fresco) - 01	24/10/2018	7	170.7	169.2	171.8	168.9	172.1	Promedio
C° (fresco) - 02	14/11/2018	28	224.46	220.9	215.7	224.1	221.5	kg/cm <sup>2</sup>
C° (TAC-30) - 01	24/10/2018	7	161.8	158.7	162.9	160.3	163.6	170.54
C° (TAC-30) - 02	14/11/2018	28	212.4	218.9	214.2	219.5	212.8	221.33
C° (TAC-60) - 01	29/10/2018	7	153.4	147.8	140.9	156.9	142.8	161.46
C° (TAC-60) - 02	20/11/2018	28	213.5	208.3	206.5	211.6	210.9	215.56
C° (TAC-90) - 01	30/10/2018	7	132.6	129.2	138.5	140.5	132.9	148.36
C° (TAC-90) - 02	21/11/2018	28	193.6	187.9	191.7	198.4	194.7	210.16
C° (TAC-120) - 01	31/10/2018	7	129.9	134.2	127.9	132.7	130.4	134.74
C° (TAC-120) - 02	22/11/2018	28	186.3	181.1	189.4	192.9	185.7	193.26
C° (TAC-150) - 01	31/10/2018	7	123.4	120.8	127.8	122.3	121.8	131.02
C° (TAC-150) - 02	22/11/2018	28	169.3	171.4	176.2	170.9	179.8	187.08

Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento.

*Fuente: Elaboración propia*

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis de supuestos.

Antes de analizar los datos, fue importante saber si los datos seguían una distribución normal, por lo tanto, se basó en la prueba de Shapiro-Wilk debido a que este es para muestras menores a 30 y nos indica que el valor de significancia debe ser mayor al 5%. (Herrera & Tomas, 2011). Esta prueba se realizó a fin de conocer si las variables de investigación tienen una distribución normal, por otro lado, también se realizó la prueba de homogeneidad de varianzas con la finalidad de ver la variabilidad de los diferentes tratamientos de un factor, es decir, entre diferentes grupos con un nivel de significancia de (0.05).

Para la prueba de Shapiro-Wilk las hipótesis consideradas para esta evaluación de normalidad fueron:

$H_0$ = La muestra no tiene una distribución normal

$H_i$ = La muestra tiene una distribución normal

Para la prueba homogeneidad de varianzas de Levene se contrasta las hipótesis:

$H_0$ = La varianzas no es igual entre los grupos

$H_i$ = La varianzas es igual entre los grupos

**Tabla 23:** Prueba de homogeneidad de varianza

Prueba de homogeneidad de varianza <sup>a,b,c,d,e,f</sup>			
	Estadístico de Levene	P	
<b>RESISTENCIA</b>	Se basa en la media	0.356	0.873
	Se basa en la mediana	0.132	0.983
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.132	0.983
	Se basa en la media recortada	0.348	0.879
<b>DENSIDAD</b>	Se basa en la media	2.266	0.080
	Se basa en la mediana	1.241	0.321
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.241	0.370
	Se basa en la media recortada	2.021	0.112

*Fuente:* Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 23, la prueba de homogeneidad de varianza para la resistencia y densidad del concreto muestran un P-valor superior al nivel de significancia de 0.05, entonces aceptamos la hipótesis alterna y decimos que la varianza es igual entre los demás grupos.

**Tabla 24:** Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Pruebas de normalidad <sup>c,d,e,f,g,h</sup>				
TIEMPO	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	P	
<b>RESISTENCIA</b>	7 días	0.883	5	0.325
	30 días	0.831	5	0.141
	60 días	0.969	5	0.871
	90 días	0.993	5	0.988
	120 días	0.984	5	0.956
	150 días	0.900	5	0.409
<b>DENSIDAD</b>	7 días	0.878	5	0.298
	30 días	0.924	5	0.556
	60 días	0.957	5	0.787
	90 días	0.821	5	0.119
	120 días	0.903	5	0.429
	150 días	0.856	5	0.213

*Fuente:* Elaboración propia.

Para la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk podemos determinar para la resistencia y la densidad muestra un P-valor superior al nivel de significancia de 0.05 y decimos que los datos provienen de una distribución normal.

Los resultados de porcentaje de grumos y la consistencia ya presentan distribución normal porque son datos repetidos para cada mes.

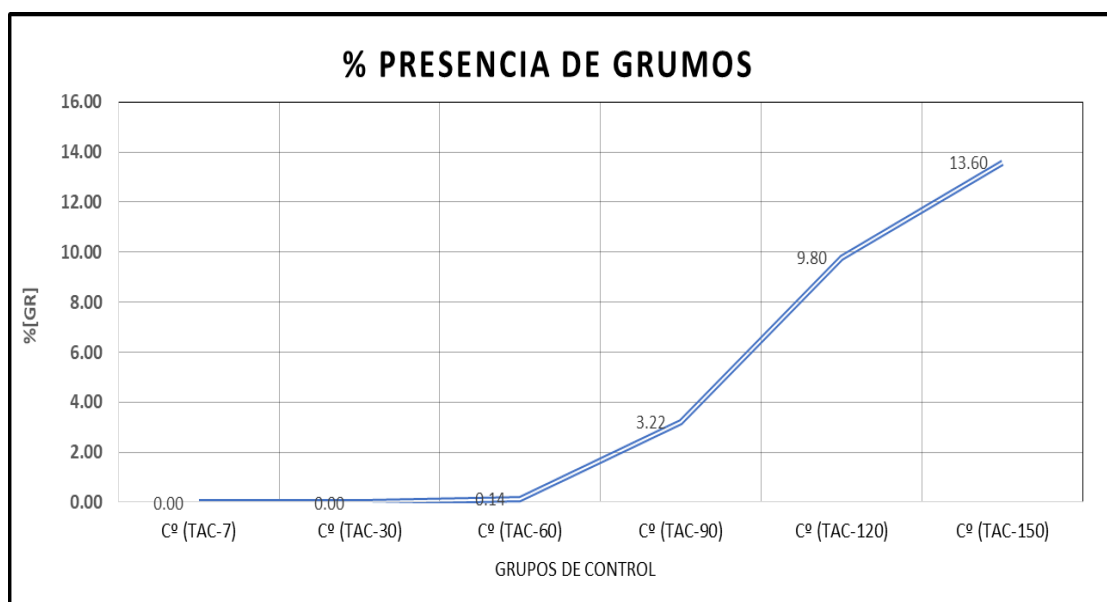
**4.2.Cantidad de grumos presente en el cemento.**

*Tabla 25: Cantidad de grumos presente en el cemento*

PERIODO DE ALMACENAMIENTO	TIEMPO	% DE GRUMO
7 DÍAS	C° (fresco)	0.00%
30 DÍAS	C° (TAC-30)	0.00
60 DÍAS	C° (TAC-60)	0.20
90 DÍAS	C° (TAC-90)	3.22
120 DÍAS	C° (TAC-120)	9.80
150 DÍAS	C° (TAC-150)	13.60

Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento.

*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura 13: Porcentaje de grumos mayores a 1 mm**

*Fuente: Elaboración propia.*

Los grumos cuantificados son de tamaño de partícula mayor a 1mm, con los datos de la fig.

13 se pueden mencionar las siguientes afirmaciones:

- A los 60 días de almacenamiento la cantidad de grumos formados es de 0.004%, estas cantidades son tan pequeñas que se podrían aproximar a cero, es decir que las bolsas de cemento bien almacenadas a los dos meses pueden ser consideradas como cemento fresco.
- A medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, también aumenta la cantidad de grumos formados, para 150 días de almacenamiento se llega a un máximo de 13.6 % de grumos.

### **DISCUSIÓN:**

Se puede estimar que el empleo de cemento hidratado en un 30% referido al peso total, con gránulos no mayores de 1/4" trae como consecuencia una reducción en la resistencia a 28 días del orden del 25%, dependiendo del cemento en particular. (Pasquel, 1998)

En esta investigación se obtuvo un 13,6% de porcentaje de grumo el cual influye en la resistencia a la compresión del concreto.

Debido a la absorción de humedad por el cemento durante su almacenamiento y reduce la resistencia. (Moreno)

Respecto al cambio de las propiedades físico-químicas aún no se definen específicamente los cambios que sufre el cemento almacenado, los cambios en estas propiedades se mencionan por Ossa: Los cambios de las propiedades del cemento se llevan a cabo primeramente por una hidratación y luego por una carbonatación de los silicatos, aluminatos y eventualmente de los álcalis libres. Esta acción recae en las partículas más pequeñas, lo que produce la impresión de encontrarse con un cemento de granulometría diferente a la original, con escasez de partículas muy finas. (Ossa, 1974, pág. 85)



En la presente investigación se comprobó lo mencionado por (Ossa, 1974), porque al inspeccionar la bolsas de cemento almacenado se observó cambios físicos fácilmente detectables por la vista, esta condición es prueba de que se produjo el efecto de hidratación parcial del cemento; además para largos periodos de almacenamiento (tres a más meses), se puede comprobar la formación de grumos manipulando y palpando las bolsas almacenadas.

### 4.3. Ensayo realizado en concreto fresco.

#### 4.3.1. Asentamiento en el cono de Abrams.

Realizado éste ensayo, se presentan a continuación las mediciones obtenidas para todos los grupos de control, mediante la Tabla 26.

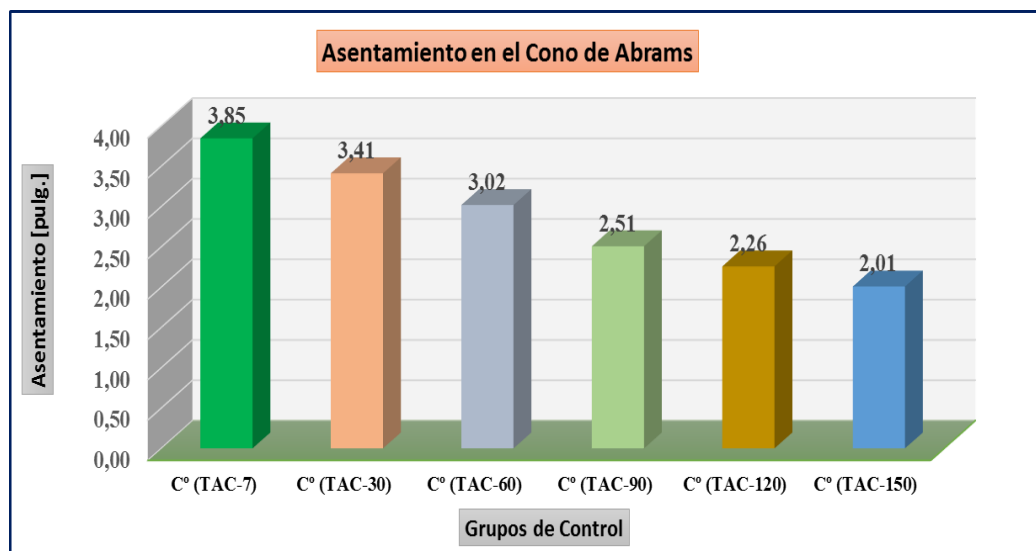
*Tabla 26: Datos de asentamiento para los grupos de control*

Descripción	Fecha de moldeo	Mediciones tomadas			Asentamiento en el cono de Abrams	
		1°	2°	3°	Promedio	
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[pulg.]
C° (fresco) - 01	17/10/2018	97	98	98	98	3.85
C° (TAC-30) - 01	17/10/2018	86	84	90	87	3.41
C° (TAC-60) - 01	22/10/2018	76	78	76	77	3.02
C° (TAC-90) - 01	23/10/2018	62	64	65	64	2.51
C° (TAC-120) - 01	24/10/2018	56	57	59	57	2.26
C° (TAC-150) - 01	25/10/2018	50	51	52	51	2.01

Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento.

*Fuente: elaboración propia*

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que el asentamiento para el concreto fresco es 3.85”, y está comprendido entre 3” a 4”, cumpliéndose así el asentamiento de diseño de mezcla (el cual garantiza una consistencia plástica y adecuada trabajabilidad). Dicha información lo observaremos gráficamente a continuación:



**Figura 14:** Asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de control

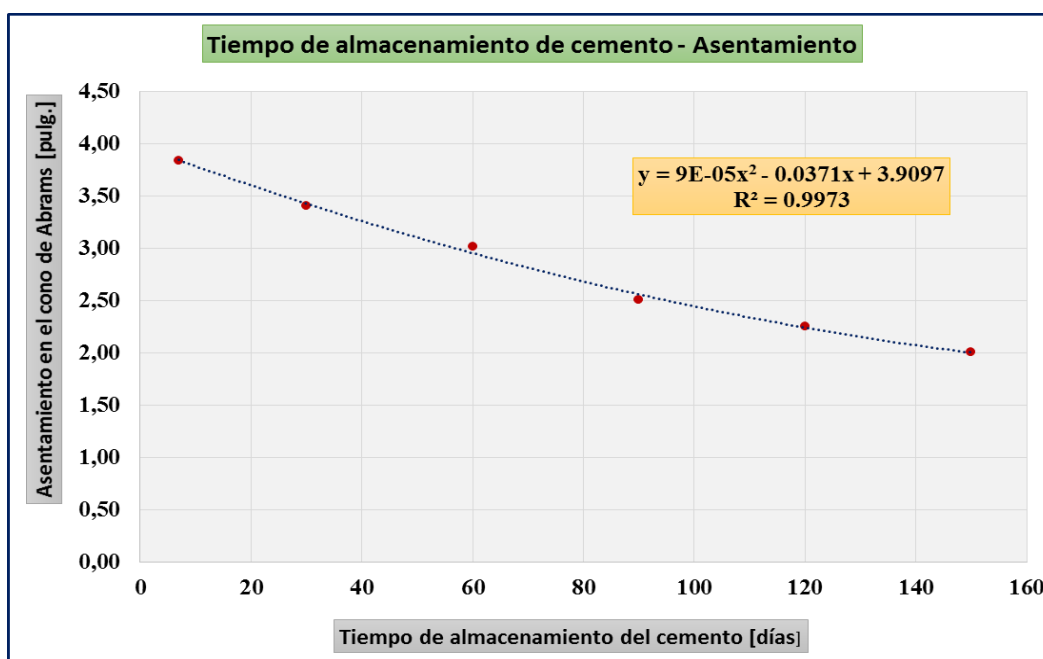
**Fuente:** elaboración propia

Analizando los datos de la figura 14, se puede notar que los resultados de asentamiento que se obtienen disminuyen considerablemente conforme el tiempo de almacenamiento aumenta, teniéndose que:

- En el concreto elaborado con cemento almacenado por 30 días, se observa que el asentamiento promedio es 3.41”, y éste disminuye en un 11.30%, respecto al concreto elaborado con cemento de 7 días de almacenamiento.
- En el concreto elaborado con cemento almacenado por 60 días, se observa que el asentamiento promedio es 3.02”, y éste disminuye en un 21.50%, respecto al concreto elaborado con cemento de 7 días de almacenamiento.
- En el concreto elaborado con cemento almacenado por 90 días, se observa que el asentamiento promedio es 2.51”, y disminuye en un 34.80%, respecto al concreto elaborado con cemento de 7 días de almacenamiento en este caso tendríamos un concreto no trabajable.

- En el concreto elaborado con cemento almacenado por 120 días, se observa que el asentamiento promedio es 2.26”, y éste disminuye en un 41.30%, respecto al concreto elaborado con cemento de 7 días de almacenamiento.
- En el concreto elaborado con cemento almacenado por 150 días, se observa que el asentamiento promedio es 2.01”, y éste disminuye en un 47.80%, respecto al concreto elaborado con cemento de 7 días de almacenamiento.

Conforme a los datos presentados, y al análisis de éstos, se presenta a continuación la curva de correlación entre el tiempo de almacenamiento del cemento portland tipo IP marca Rumi y las mediciones de revenimiento o asentamiento en el cono de Abrams. (Figura 15).



**Figura 15:** Correlación de asentamiento en el cono de Abrams para los grupos de prueba

**Fuente:** elaboración propia

#### ❖ **Discusión de resultados**

Por lo tanto, y según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, el tiempo de almacenamiento del cemento en el concreto f'c 210

kg/cm<sup>2</sup>, disminuye considerablemente su asentamiento (desde un 11.30% hasta un 47.80%, según el tiempo de almacenamiento), presentando una consistencia seca y no trabajable.

Dicha condición indicada anteriormente se debe a que el envejecimiento del cemento, a causa de un almacenamiento prolongado, disminuye sus propiedades para lograr su resistencia y aumenta el agua necesaria para una consistencia determinada. Se manifiesta de manera importante, incluso en ambientes protegidos de la intemperie. (Ossa, 1974)

**4.4.Densidad del concreto.**

❖ **Densidad del concreto a los 7 días.**

*Tabla 27: Densidad del concreto a los 7 días*

N°	REGISTRO DE PROBETAS	DIAMETRO	AREA	ALTURA	MASA	EDAD	densidad	promedio densidad
		cm.	cm <sup>2</sup> .	cm.	gr.	DIAS		
1	TAC-fresco	15.02	177.10	30.20	12161.00	7	2.274	2.226
2	TAC-fresco	15.18	181.06	29.50	11862.66	7	2.221	
3	TAC-fresco	15.05	177.89	30.00	11804.74	7	2.212	
4	TAC-fresco	14.92	174.75	29.90	11547.40	7	2.210	
5	TAC-fresco	15.18	181.06	29.80	11934.73	7	2.212	
6	TAC-30	15.12	179.55	29.90	11762.00	7	2.191	2.198
7	TAC-30	15.15	180.26	29.70	11788.98	7	2.202	
8	TAC-30	15.00	176.71	29.90	11645.08	7	2.204	
9	TAC-30	14.97	175.92	30.00	11568.82	7	2.192	
10	TAC-30	15.08	178.68	29.50	11601.49	7	2.201	
11	TAC-60	15.03	177.50	30.40	11736.01	7	2.175	2.176
12	TAC-60	15.15	180.26	30.00	11751.23	7	2.173	

13	TAC-60	15.03	177.5 0	30.10	11620.1 9	7	2.175	
14	TAC-60	15.02	177.1 0	30.00	11566.5 5	7	2.177	
15	TAC-60	15.10	179.0 7	29.50	11505.6 4	7	2.178	
16	TAC-90	14.97	175.9 2	29.90	11293.5 5	7	2.147	2.147
17	TAC-90	15.23	182.2 5	30.00	11749.6 4	7	2.149	
18	TAC-90	15.00	176.7 1	31.00	11728.3 8	7	2.141	
19	TAC-90	14.98	176.3 2	30.00	11367.1 5	7	2.149	
20	TAC-90	15.23	182.2 5	29.90	11699.5 8	7	2.147	
21	TAC-120	15.15	180.3 4	29.90	11442.2 1	7	2.122	2.124
22	TAC-120	15.17	180.6 6	30.10	11571.6 5	7	2.128	
23	TAC-120	15.00	176.7 1	29.80	11169.0 6	7	2.121	
24	TAC-120	14.93	175.1 4	30.00	11144.2 9	7	2.121	
25	TAC-120	15.10	179.0 7	29.90	11399.2 9	7	2.129	
26	TAC-150	15.20	181.5 3	30.00	11458.0 0	7	2.104	2.091
27	TAC-150	15.23	182.2 5	29.80	11356.3 1	7	2.091	
28	TAC-150	15.00	176.7 1	30.00	11100.8 8	7	2.094	
29	TAC-150	14.93	175.1 4	30.00	10934.1 2	7	2.081	
30	TAC-150	15.18	181.0 6	30.10	11362.7 6	7	2.085	
Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento								

Fuente: elaboración propia

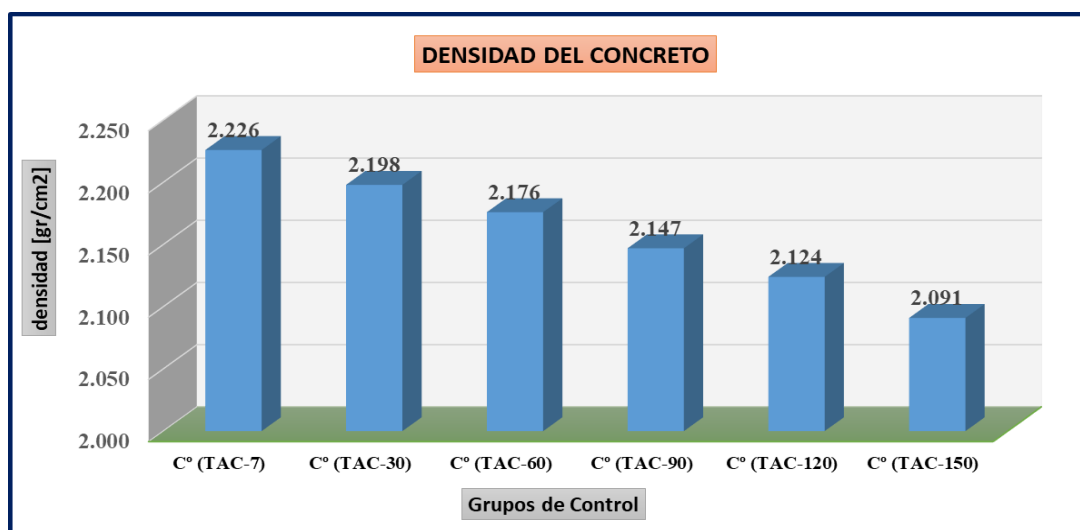


Figura 16: Densidad del concreto a los 7 días.

Fuente: elaboración propia

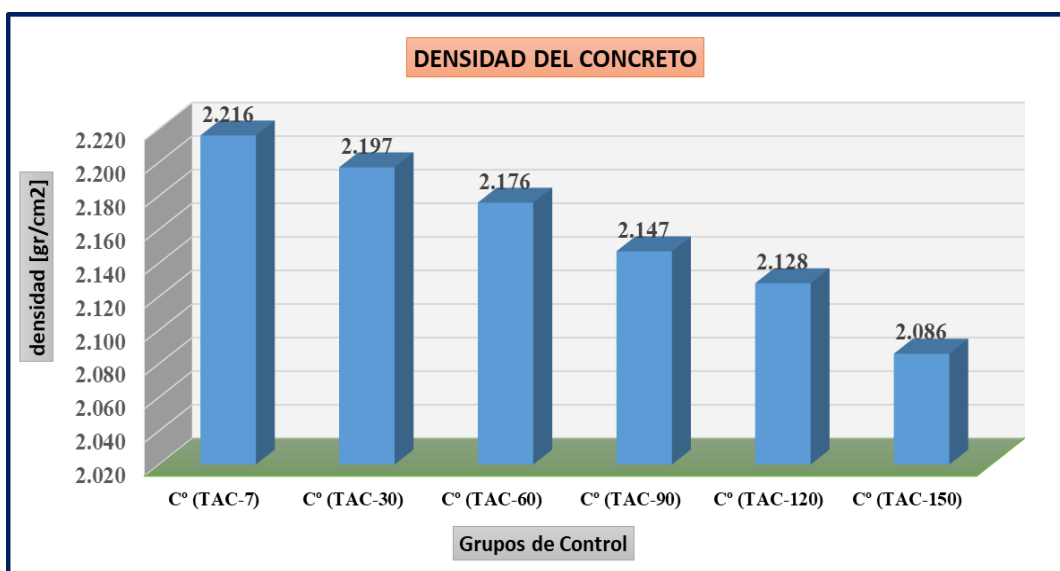
❖ Densidad del concreto a los 28 días.

Tabla 28: Densidad del concreto a los 28 días

N°	REGISTRO DE PROBETAS	DIAMETRO	AREA	ALTURA	MASA	EDAD	densidad	promedio densidad
		cm.	cm <sup>2</sup> .	cm.	gr.	DIAS		
1	TAC-7	15.10	179.07	29.90	11806.22	28	2.205	2.216
2	TAC-7	15.03	177.50	30.00	11789.26	28	2.214	
3	TAC-7	15.18	181.06	30.10	12163.88	28	2.232	
4	TAC-7	15.18	181.06	29.50	11814.58	28	2.212	
5	TAC-7	15.08	178.68	29.90	11833.59	28	2.215	
6	TAC-30	15.12	179.47	30.00	11834.18	28	2.198	2.197
7	TAC-30	15.03	177.50	30.00	11672.11	28	2.192	
8	TAC-30	15.02	177.10	30.10	11695.73	28	2.194	
9	TAC-30	15.13	179.86	29.50	11678.53	28	2.201	
10	TAC-30	15.07	178.28	30.00	11777.42	28	2.202	
11	TAC-60	15.15	180.26	30.00	11778.27	28	2.178	2.176
12	TAC-60	15.00	176.71	29.90	11512.99	28	2.179	
13	TAC-60	15.13	179.86	30.00	11736.18	28	2.175	
14	TAC-60	15.15	180.26	29.50	11555.38	28	2.173	
15	TAC-60	14.97	175.92	31.10	11910.94	28	2.177	
16	TAC-90	15.07	178.28	29.70	11363.12	28	2.146	2.147
17	TAC-90	14.98	176.32	29.90	11323.99	28	2.148	
18	TAC-90	15.13	179.86	29.80	11513.22	28	2.148	
19	TAC-90	15.17	180.66	29.90	11597.40	28	2.147	

20	TAC-90	15.08	178.68	30.00	11503.31	28	2.146	2.128
21	TAC-120	15.13	179.86	29.80	11438.18	28	2.134	
22	TAC-120	15.00	176.71	30.10	11340.01	28	2.132	
23	TAC-120	15.23	182.25	30.00	11640.29	28	2.129	
24	TAC-120	15.22	181.85	30.00	11576.65	28	2.122	
25	TAC-120	15.20	181.45	29.90	11518.22	28	2.123	2.086
26	TAC-150	15.05	177.89	30.00	11159.00	28	2.091	
27	TAC-150	15.08	178.68	30.10	11192.07	28	2.081	
28	TAC-150	15.23	182.25	29.90	11356.27	28	2.084	
29	TAC-150	14.99	176.40	30.20	11085.78	28	2.081	
30	TAC-150	15.15	180.26	30.00	11324.01	28	2.094	
Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento								

*Fuente: elaboración propia*



**Figura 17:** Densidad del concreto a los 28 días.

*Fuente: elaboración propia*

Analizando los datos de la Figura 17, se puede notar que los resultados de la densidad que se obtienen disminuyen conforme el tiempo de almacenamiento aumenta, teniéndose que:

- En el concreto elaborado con cemento almacenado por 30 días, se observa que la densidad promedio es 2.197 gr/cm<sup>3</sup>, y éste disminuye en un 0.7%, respecto a la densidad del concreto con cemento fresco (cemento de 7 días de almacenamiento).

- En el concreto elaborado con cemento almacenado por 60 días, se observa que la densidad promedio es 2.176 gr/cm<sup>3</sup> y éste disminuye en un 1.7%, respecto a la densidad del concreto con cemento fresco (cemento de 7 días de almacenamiento).
- En el concreto elaborado con cemento almacenado por 90 días, se observa que la densidad promedio es 2.147 gr/cm<sup>3</sup>, y éste disminuye en un 3.0%, respecto a la densidad del concreto con cemento fresco (cemento de 7 días de almacenamiento).
- En el concreto elaborado con cemento almacenado por 120 días, se observa que la densidad promedio es 2.128 gr/cm<sup>3</sup>, y éste disminuye en un 4.0%, respecto a la densidad del concreto con cemento fresco (cemento de 7 días de almacenamiento).
- En el concreto elaborado con cemento almacenado por 150 días, se observa que la densidad promedio es 2.086 gr/cm<sup>3</sup>, y éste disminuye en un 5.7%, respecto a la densidad del concreto con cemento fresco (cemento de 7 días de almacenamiento).

#### ❖ DISCUSIÓN:

Se sabe que el almacenamiento del cemento puede afectar su propiedad más importante: la resistencia a la compresión del concreto. (...) Se ha encontrado un retardo en el fraguado, bajo desarrollo del calor de hidratación y densidades más bajas que las muestras de cemento fresco. (Aranda, Quispe, & La Jara, pág. 3)

En este estudio como en otros realizados sobre cemento endurecido, se confirmará la existencia de una relación inversa entre la porosidad y la resistencia de estos materiales. Sin embargo, considerando que el concreto es un material compuesto, su resistencia no depende solamente de las propiedades de la matriz y de sus agregados sino también de la calidad de la interfase entre estos. (Kosmatka et al, 2004)



#### 4.5. Ensayo realizado en concreto endurecido.

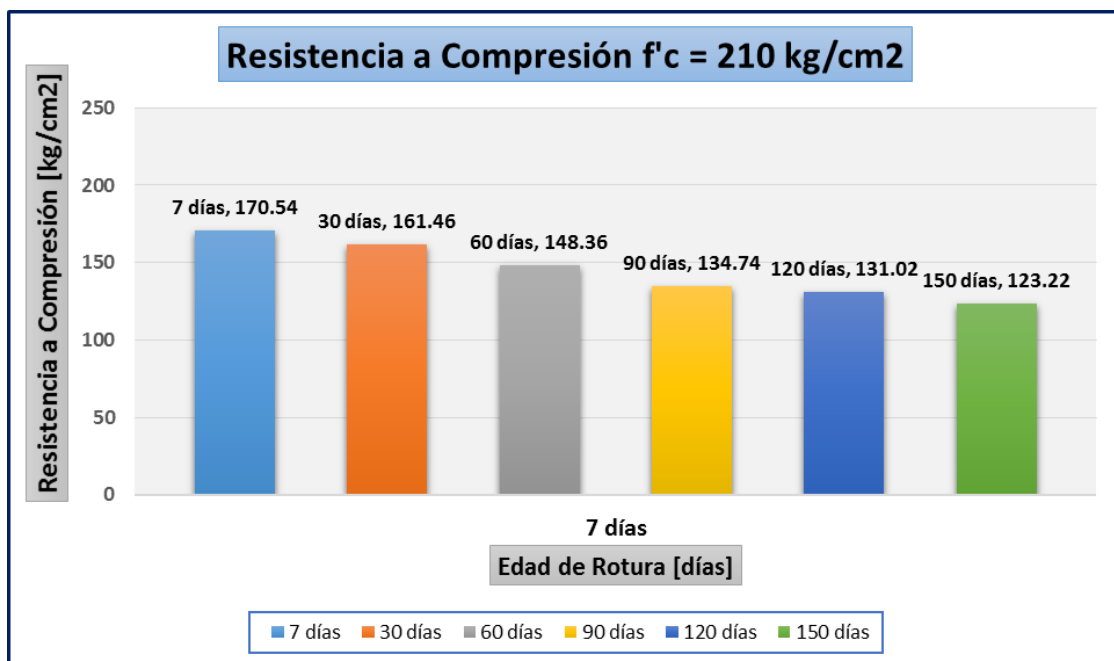
##### 4.5.1. Resistencia a la compresión

Una vez obtenidos los datos de resistencia a la compresión (para todos los grupos de control); se presenta a continuación la Tabla 29, en el cual se observa la evolución de resistencia (7 y 28 días) para todos los grupos de control “C° (TAC-7)”, “C° (TAC-30)”, “C° (TAC-60)”, “C° (TAC-90)”, “C° (TAC-120)”, “C° (TAC-150)”.

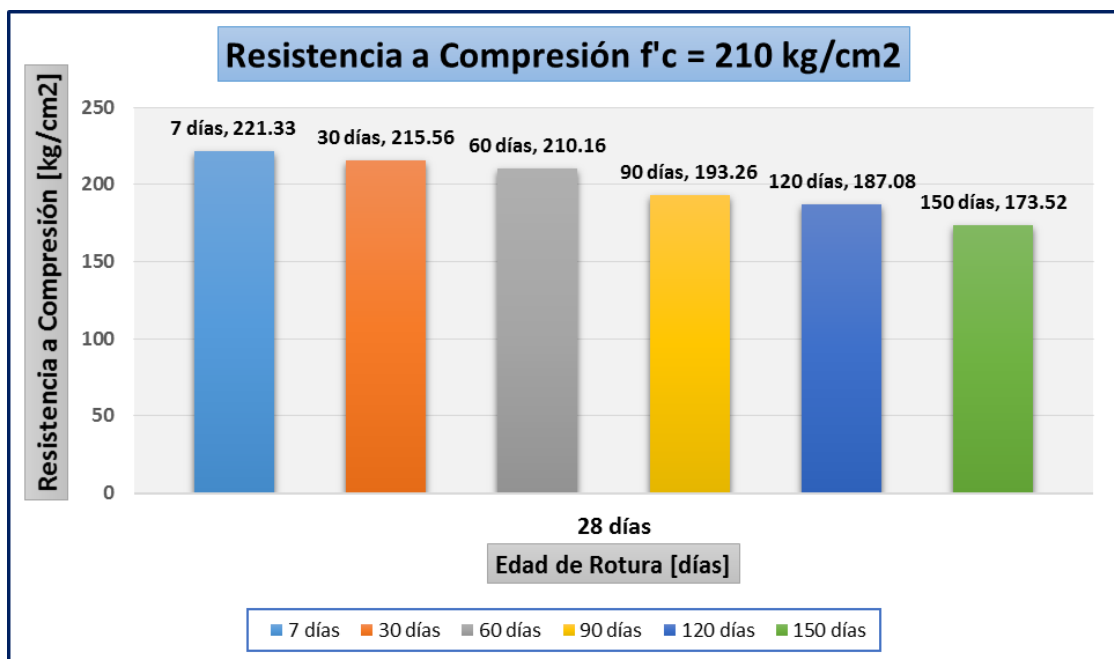
**Tabla 29:** Resultados de la resistencia a la compresión

Descripción	Fecha de ruptura	Edad de ruptura [días]	Mediciones tomadas					Resistencia a Compresión
			1°	2°	3°	4°	5°	Promedio
			[kg/cm2]	[kg/cm2]	[kg/cm2]	[kg/cm2]	[kg/cm2]	[kg/cm2]
C° (TAC-7) - 01	24/10/2018	7	170.7	169.2	171.8	168.9	172.1	170.54
C° (TAC-7) - 02	14/11/2018	28	224.46	220.9	215.7	224.1	221.5	221.33
C° (TAC-30) - 01	24/10/2018	7	161.8	158.7	162.9	160.3	163.6	161.46
C° (TAC-30) - 02	14/11/2018	28	212.4	218.9	214.2	219.5	212.8	215.56
C° (TAC-60) - 01	29/10/2018	7	153.4	147.8	140.9	156.9	142.8	148.36
C° (TAC-60) - 02	20/11/2018	28	213.5	208.3	206.5	211.6	210.9	210.16
C° (TAC-90) - 01	30/10/2018	7	132.6	129.2	138.5	140.5	132.9	134.74
C° (TAC-90) - 02	21/11/2018	28	193.6	187.9	191.7	198.4	194.7	193.26
C° (TAC-120) - 01	31/10/2018	7	129.9	134.2	127.9	132.7	130.4	131.02
C° (TAC-120) - 02	22/11/2018	28	186.3	181.1	189.4	192.9	185.7	187.08
C° (TAC-150) - 01	31/10/2018	7	123.4	120.8	127.8	122.3	121.8	123.22
C° (TAC-150) - 02	22/11/2018	28	169.3	171.4	176.2	170.9	179.8	173.52

*Fuente:* Elaboración propia 2018



**Figura 18:** Resistencia a compresión de los grupos de prueba (rotura a los 7 días)  
**Fuente:** elaboración propia



**Figura 19:** Resistencia a compresión de los grupos de prueba (rotura a los 28 días)  
**Fuente:** elaboración propia

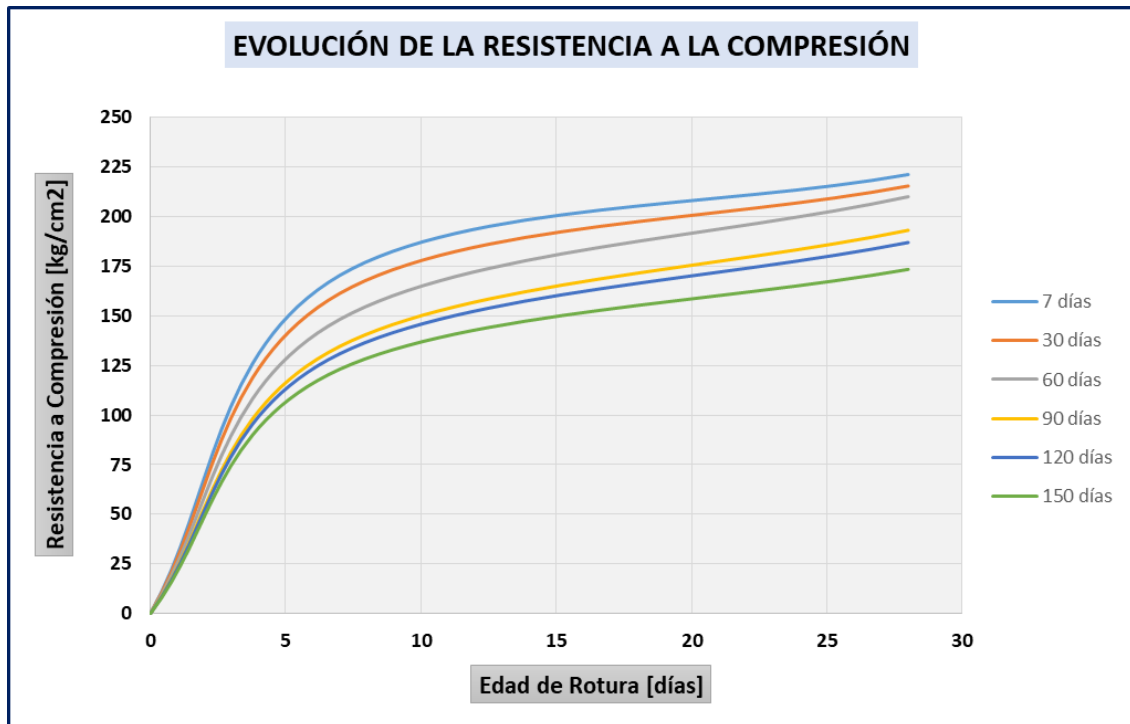


Figura 20: Curvas de evolución de la resistencia a la compresión, para los grupos de prueba.

Fuente: elaboración propia

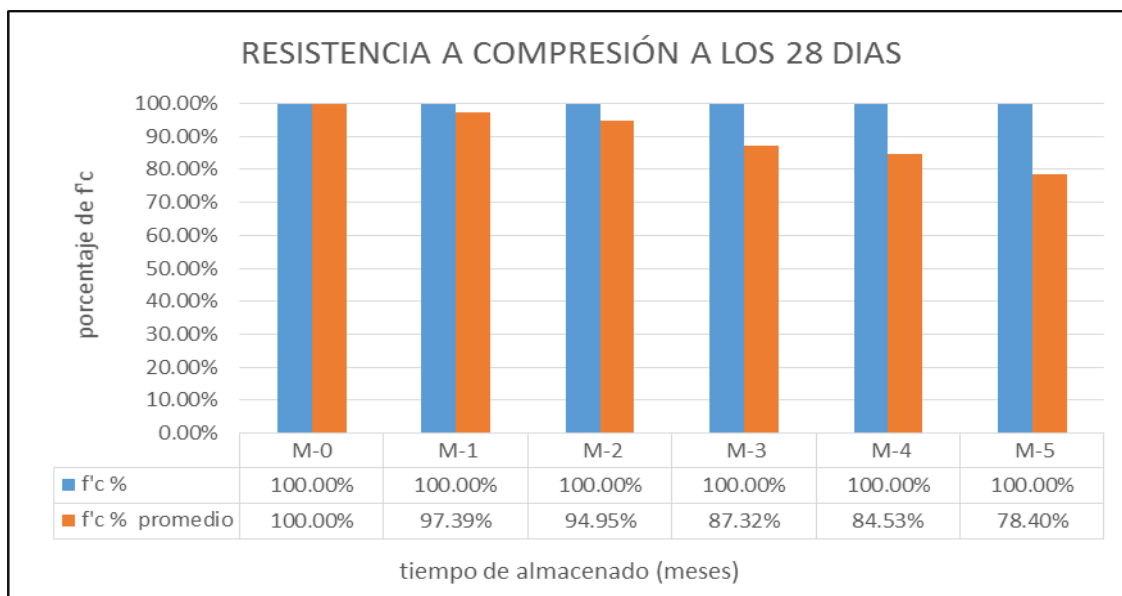
Analizando los datos de la Figura 19, se puede observar que la resistencia a la compresión a los 28 días de edad que se obtiene para el concreto con cemento fresco “C° (fresco)” es de 221.33 kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando así la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>). En cuanto a los resultados de las pruebas de Resistencia a Compresión a los 28 días de edad obtenidas para las probetas en las que se trabajaron con tiempo de almacenamiento de 30, 60, 90, 120 y 150 días, se puede observar que es inferior a la del concreto con cemento fresco “C° (fresco)”, en todos los grupos de control.

Tabla 30: Resultados de la rotura de probetas de concreto.

N°	REGISTRO DE PROBETAS	CARGA	DIAMETRO	AREA	ESF. ROTURA	f'c	EDAD	esfuerzo promedio	% esfuerzo promedio
		Kg.	cm.	cm <sup>2</sup> .	Kg/cm <sup>2</sup> .	Kg/cm <sup>2</sup> .	DIAS		
1	TAC-7	40195	15.10	179.07	224.5	210	28	221.3	100.00%
2	TAC-7	39209	15.03	177.50	220.9	210	28		
3	TAC-7	39054	15.18	181.06	215.7	210	28		
4	TAC-7	40575	15.18	181.06	224.1	210	28		

5	TAC-7	39577	15.08	178.68	221.5	210	28		
6	TAC-30	38119	15.12	179.47	212.4	210	28	215.6	97.39%
7	TAC-30	38854	15.03	177.50	218.9	210	28		
8	TAC-30	37935	15.02	177.10	214.2	210	28		
9	TAC-30	39480	15.13	179.86	219.5	210	28		
10	TAC-30	37939	15.07	178.28	212.8	210	28		
11	TAC-60	38486	15.15	180.26	213.5	210	28	210.2	94.95%
12	TAC-60	36809	15.00	176.71	208.3	210	28		
13	TAC-60	37142	15.13	179.86	206.5	210	28		
14	TAC-60	38143	15.15	180.26	211.6	210	28		
15	TAC-60	37103	14.97	175.92	210.9	210	28		
16	TAC-90	34516	15.07	178.28	193.6	210	28	193.3	87.32%
17	TAC-90	33130	14.98	176.32	187.9	210	28		
18	TAC-90	34480	15.13	179.86	191.7	210	28		
19	TAC-90	35843	15.17	180.66	198.4	210	28		
20	TAC-90	34789	15.08	178.68	194.7	210	28		
21	TAC-120	33509	15.13	179.86	186.3	210	28	187.1	84.52%
22	TAC-120	32002	15.00	176.71	181.1	210	28		
23	TAC-120	34518	15.23	182.25	189.4	210	28		
24	TAC-120	35079	15.22	181.85	192.9	210	28		
25	TAC-120	33696	15.20	181.45	185.7	210	28		
26	TAC-150	30117	15.05	177.89	169.3	210	28	173.5	78.40%
27	TAC-150	30625	15.08	178.68	171.4	210	28		
28	TAC-150	32112	15.23	182.25	176.2	210	28		
29	TAC-150	30146	14.99	176.40	170.9	210	28		
30	TAC-150	32411	15.15	180.26	179.8	210	28		
Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento									

*Fuente: elaboración propia*



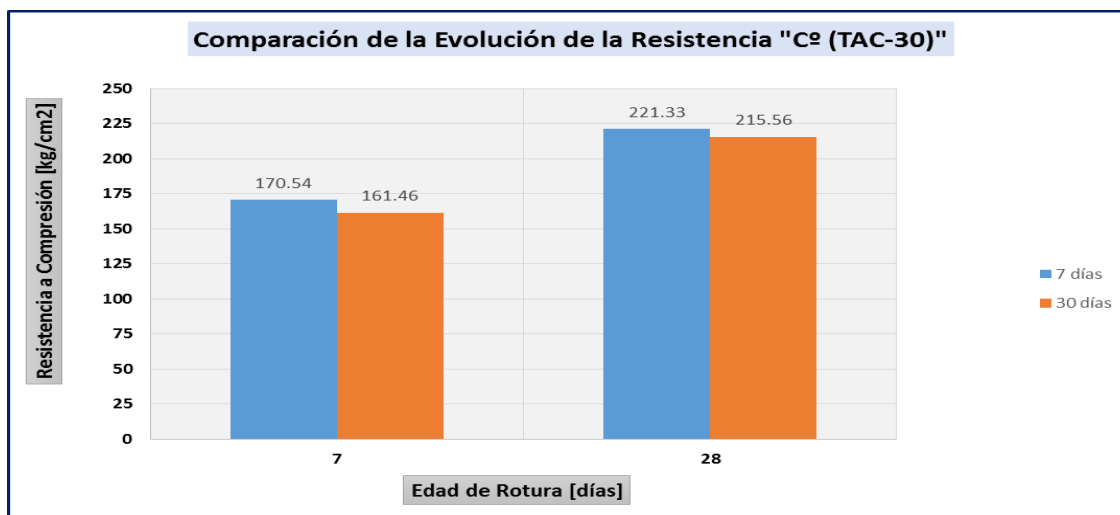
**Figura 21:** Comparación de las resistencias obtenidas con respecto al concreto con cemento fresco

*Fuente:* elaboración propia

**Tabla 31:** Comparación de la evolución de la resistencia a Compresión del Concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 30 días “C° (TAC-30)”

Descripción	Fecha de rotura	Edad de rotura [días]	Mediciones tomadas					Resistencia a Compresión
			1°	2°	3°	4°	5°	Promedio
			kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
C° (TAC-7)	24/10/2018	7	170.7	169.2	171.8	168.9	172.1	170.54
C° (TAC-7)	14/11/2018	28	224.46	220.9	215.7	224.1	221.5	221.33
C° (TAC-30)	24/10/2018	7	161.8	158.7	162.9	160.3	163.6	161.46
C° (TAC-30)	14/11/2018	28	212.4	218.9	214.2	219.5	212.8	215.56
C° (TAC-60)	29/10/2018	7	153.4	147.8	140.9	156.9	142.8	148.36
C° (TAC-60)	20/11/2018	28	213.5	208.3	206.5	211.6	210.9	210.16
C° (TAC-90)	30/10/2018	7	132.6	129.2	138.5	140.5	132.9	134.74
C° (TAC-90)	21/11/2018	28	193.6	187.9	191.7	198.4	194.7	193.26
C° (TAC-120)	31/10/2018	7	129.9	134.2	127.9	132.7	130.4	131.02
C° (TAC-120)	22/11/2018	28	186.3	181.1	189.4	192.9	185.7	187.08
C° (TAC-150)	31/10/2018	7	123.4	120.8	127.8	122.3	121.8	123.22
C° (TAC-150)	22/11/2018	28	169.3	171.4	176.2	170.9	179.8	173.52

Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento.



**Figura 22:** Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 30 días "C° (TAC-30)"

**Fuente:** elaboración propia

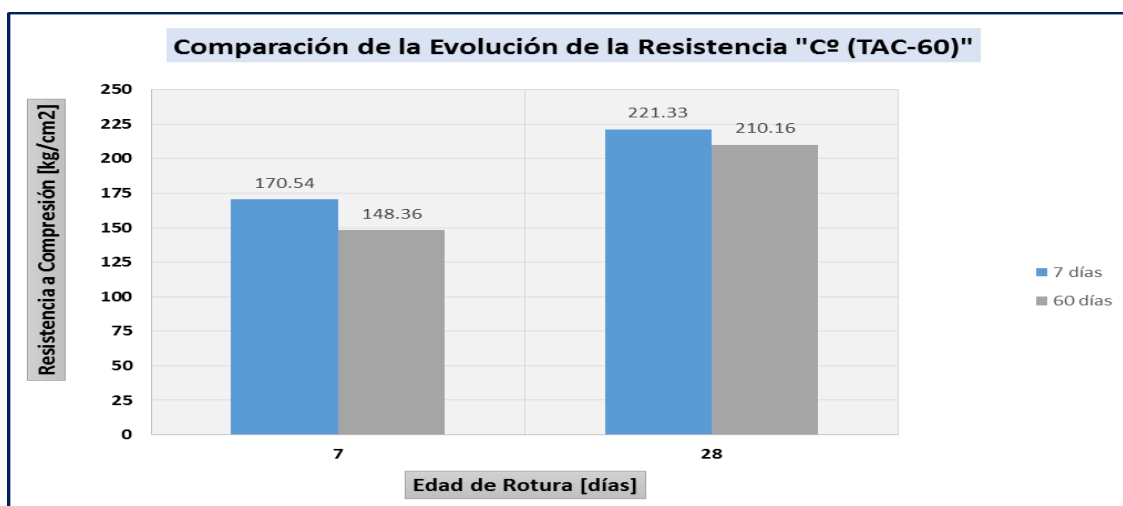
De acuerdo a la Figura 22, se observa que:

La f'c promedio desarrollada a los 28 días por el concreto elaborado con un tiempo de almacenamiento del cemento de 30 días es de 215.56 kg/cm<sup>2</sup> y representa el 97.39 % respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con cemento fresco (221.33 kg/cm<sup>2</sup>) teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 3.61 %.

**Tabla 32:** Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 60 días "C° (TAC-60)"

Descripción	Fecha de rotura	Edad de rotura [días]	Mediciones tomadas					Resistencia a Compresión
			1°	2°	3°	4°	5°	Promedio
			kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
C° (TAC-7)	24/10/2018	7	170.7	169.2	171.8	168.9	172.1	170.54
C° (TAC-7)	14/11/2018	28	224.46	220.9	215.7	224.1	221.5	221.33
C° (TAC-30)	24/10/2018	7	161.8	158.7	162.9	160.3	163.6	161.46
C° (TAC-30)	14/11/2018	28	212.4	218.9	214.2	219.5	212.8	215.56
C° (TAC-60)	29/10/2018	7	153.4	147.8	140.9	156.9	142.8	148.36
C° (TAC-60)	20/11/2018	28	213.5	208.3	206.5	211.6	210.9	210.16
C° (TAC-90)	30/10/2018	7	132.6	129.2	138.5	140.5	132.9	134.74
C° (TAC-90)	21/11/2018	28	193.6	187.9	191.7	198.4	194.7	193.26
C° (TAC-120)	31/10/2018	7	129.9	134.2	127.9	132.7	130.4	131.02
C° (TAC-120)	22/11/2018	28	186.3	181.1	189.4	192.9	185.7	187.08
C° (TAC-150)	31/10/2018	7	123.4	120.8	127.8	122.3	121.8	123.22
C° (TAC-150)	22/11/2018	28	169.3	171.4	176.2	170.9	179.8	173.52

Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento.



**Figura 23:** Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 60 días "Cº (TAC-60)"

**Fuente:** elaboración propia

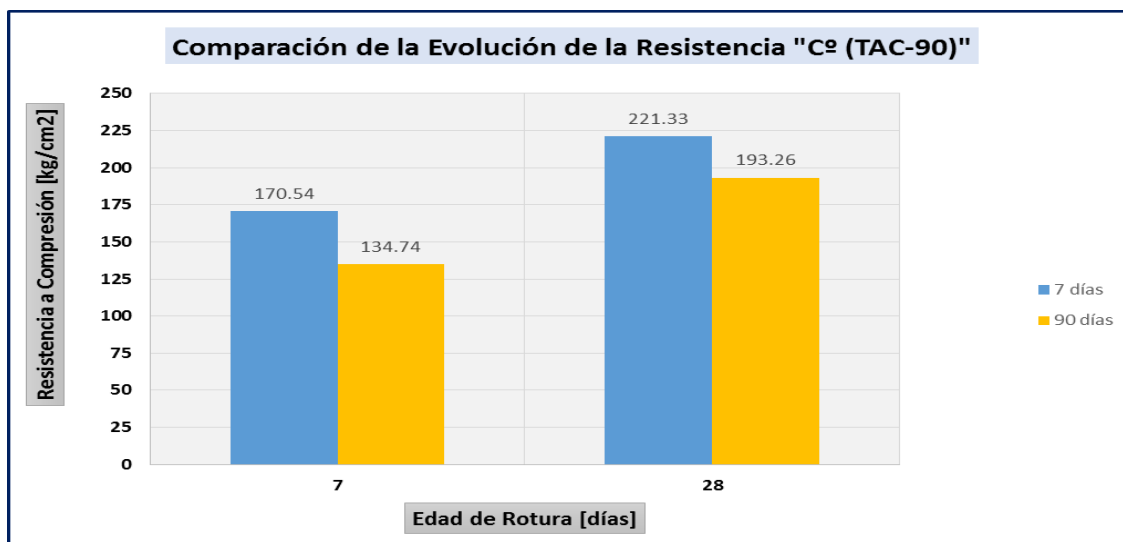
De acuerdo a la Figura 23, se observa que:

La f'c promedio desarrollada a los 28 días por el concreto elaborado con un tiempo de almacenamiento del cemento de 60 días es de 210.16 kg/cm<sup>2</sup> y representa el 94.95% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con cemento fresco (221.33 kg/cm<sup>2</sup>). Teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 5.05 %.

**Tabla 33:** Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 90 días "Cº (TAC-90)"

Descripción	Fecha de rotura	Edad de rotura [días]	Mediciones tomadas					Resistencia a Compresión
			1º	2º	3º	4º	5º	Promedio
			kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
Cº (TAC-7)	24/10/2018	7	170.7	169.2	171.8	168.9	172.1	170.54
Cº (TAC-7)	14/11/2018	28	224.46	220.9	215.7	224.1	221.5	221.33
Cº (TAC-30)	24/10/2018	7	161.8	158.7	162.9	160.3	163.6	161.46
Cº (TAC-30)	14/11/2018	28	212.4	218.9	214.2	219.5	212.8	215.56
Cº (TAC-60)	29/10/2018	7	153.4	147.8	140.9	156.9	142.8	148.36
Cº (TAC-60)	20/11/2018	28	213.5	208.3	206.5	211.6	210.9	210.16
Cº (TAC-90)	30/10/2018	7	132.6	129.2	138.5	140.5	132.9	134.74
Cº (TAC-90)	21/11/2018	28	193.6	187.9	191.7	198.4	194.7	193.26
Cº (TAC-120)	31/10/2018	7	129.9	134.2	127.9	132.7	130.4	131.02
Cº (TAC-120)	22/11/2018	28	186.3	181.1	189.4	192.9	185.7	187.08
Cº (TAC-150)	31/10/2018	7	123.4	120.8	127.8	122.3	121.8	123.22
Cº (TAC-150)	22/11/2018	28	169.3	171.4	176.2	170.9	179.8	173.52

Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento.



**Figura 24:** Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 90 días "C° (TAC-90)"

*Fuente:* elaboración propia

De acuerdo a la Figura 24, se observa que:

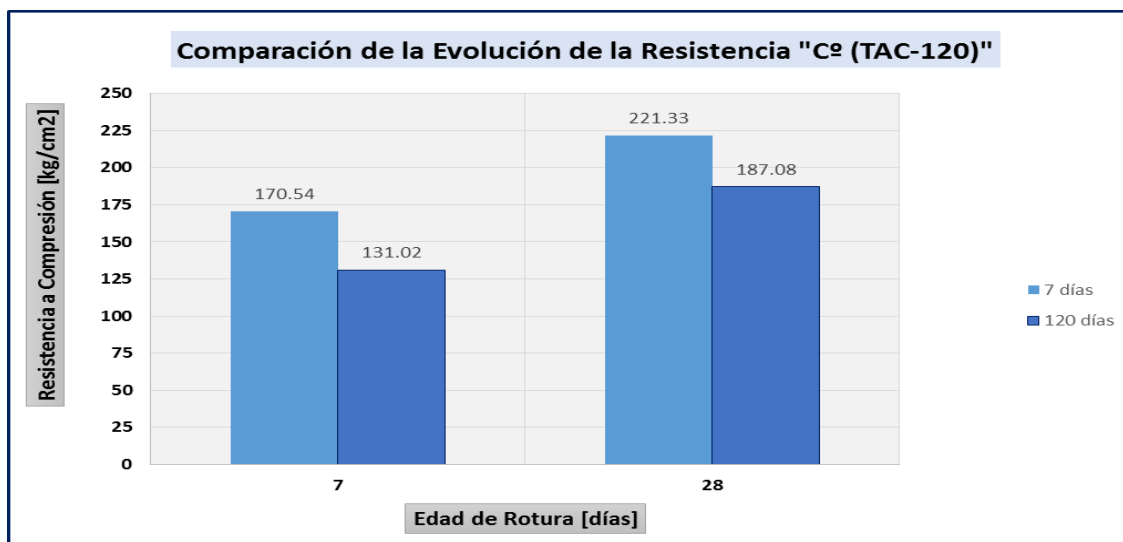
La f'c promedio desarrollada a los 28 días por el concreto elaborado con un tiempo de almacenamiento del cemento de 90 días es de 193.26 kg/cm² y representa el 87.32 % respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con cemento fresco (221.33 kg/cm²). Teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 12.68 %.

**Tabla 34:** Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 120 días "C° (TAC-120)"

Descripción	Fecha de rotura	Edad de rotura [días]	Mediciones tomadas					Resistencia a Compresión
			1°	2°	3°	4°	5°	Promedio
			kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
C° (TAC-7)	24/10/2018	7	170.7	169.2	171.8	168.9	172.1	170.54
C° (TAC-7)	14/11/2018	28	224.46	220.9	215.7	224.1	221.5	221.33
C° (TAC-30)	24/10/2018	7	161.8	158.7	162.9	160.3	163.6	161.46
C° (TAC-30)	14/11/2018	28	212.4	218.9	214.2	219.5	212.8	215.56
C° (TAC-60)	29/10/2018	7	153.4	147.8	140.9	156.9	142.8	148.36
C° (TAC-60)	20/11/2018	28	213.5	208.3	206.5	211.6	210.9	210.16
C° (TAC-90)	30/10/2018	7	132.6	129.2	138.5	140.5	132.9	134.74
C° (TAC-90)	21/11/2018	28	193.6	187.9	191.7	198.4	194.7	193.26
C° (TAC-120)	31/10/2018	7	129.9	134.2	127.9	132.7	130.4	131.02
C° (TAC-120)	22/11/2018	28	186.3	181.1	189.4	192.9	185.7	187.08
C° (TAC-150)	31/10/2018	7	123.4	120.8	127.8	122.3	121.8	123.22
C° (TAC-150)	22/11/2018	28	169.3	171.4	176.2	170.9	179.8	173.52

Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento.





**Figura 25:** Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 120 días “Cº (TAC-120)”

*Fuente:* elaboración propia

De acuerdo a la Figura 25, se observa que:

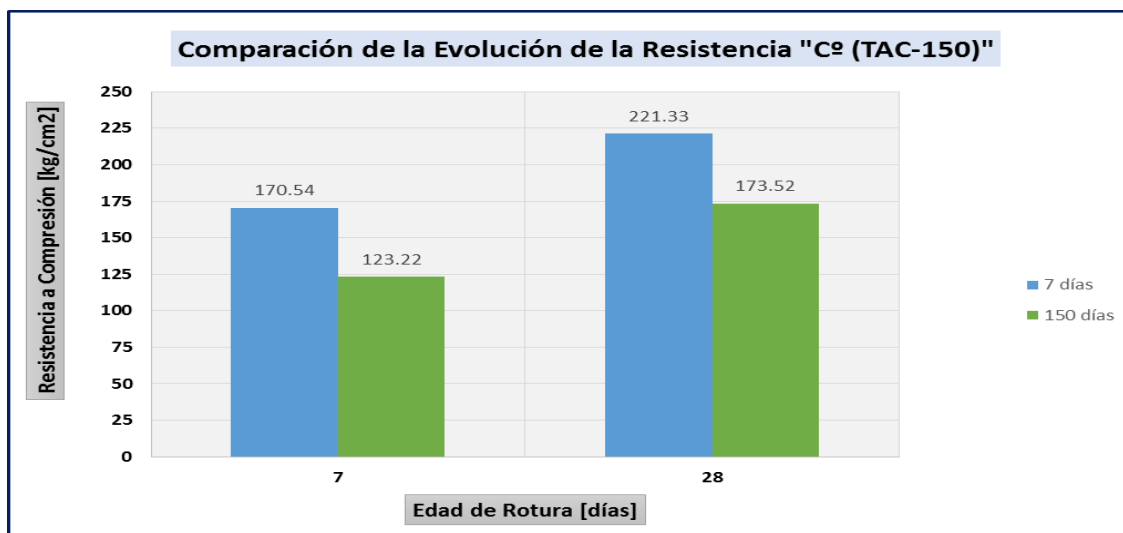
La f'c promedio desarrollada a los 28 días por el concreto elaborado con un tiempo de almacenamiento del cemento de 120 días es de 187.08 kg/cm<sup>2</sup> y representa el 84.53 % respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con cemento fresco (221.33 kg/cm<sup>2</sup>).

Teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 15.47 %.

**Tabla 35:** Comparación de la evolución de la resistencia a Compresión del Concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 150 días “Cº (TAC-150)”

Descripción	Fecha de rotura	Edad de rotura [días]	Mediciones tomadas					Resistencia a Compresión
			1º	2º	3º	4º	5º	Promedio
			kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
Cº (TAC-7)	24/10/2018	7	170.7	169.2	171.8	168.9	172.1	170.54
Cº (TAC-7)	14/11/2018	28	224.46	220.9	215.7	224.1	221.5	221.33
Cº (TAC-30)	24/10/2018	7	161.8	158.7	162.9	160.3	163.6	161.46
Cº (TAC-30)	14/11/2018	28	212.4	218.9	214.2	219.5	212.8	215.56
Cº (TAC-60)	29/10/2018	7	153.4	147.8	140.9	156.9	142.8	148.36
Cº (TAC-60)	20/11/2018	28	213.5	208.3	206.5	211.6	210.9	210.16
Cº (TAC-90)	30/10/2018	7	132.6	129.2	138.5	140.5	132.9	134.74
Cº (TAC-90)	21/11/2018	28	193.6	187.9	191.7	198.4	194.7	193.26
Cº (TAC-120)	31/10/2018	7	129.9	134.2	127.9	132.7	130.4	131.02
Cº (TAC-120)	22/11/2018	28	186.3	181.1	189.4	192.9	185.7	187.08
Cº (TAC-150)	31/10/2018	7	123.4	120.8	127.8	122.3	121.8	123.22
Cº (TAC-150)	22/11/2018	28	169.3	171.4	176.2	170.9	179.8	173.52

Observaciones: TAC: Tiempo de Almacenamiento del Cemento.



**Figura 26:** Comparación de la evolución de la resistencia a compresión del concreto elaborado con tiempo de almacenamiento del cemento de 150 días "C° (TAC-150)"

**Fuente:** elaboración propia

De acuerdo a la Figura 26, se observa que:

La  $f'_c$  promedio desarrollada a los 28 días por el concreto elaborado con un tiempo de almacenamiento del cemento de 150 días es de 173.52 kg/cm<sup>2</sup> y representa el 78.4 % respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con cemento fresco (221.33 kg/cm<sup>2</sup>). Teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 21.6 %.

#### ❖ DISCUSIÓN:

En la tesis: Análisis de las propiedades mecánicas del concreto aplicando cemento portland tipo IP almacenado en condiciones no favorables durante los meses más húmedos en la ciudad de Arequipa (2018) se realizó un análisis de la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de edad de vaciado, a los 2 meses de almacenamiento se observa que el concreto de cemento bien almacenado llega al 98.85%, a los 5 meses de almacenamiento la resistencia a la compresión llega al 83.05% de la resistencia patrón, comparado a los resultados obtenidos en esta investigación a los 2 meses de almacenamiento tenemos 94.95% y a los 5 meses de almacenamiento se observó que el concreto con cemento almacenado

llega al 78.4% teniendo una ligera variación de resultados que se debe a la forma de almacenamiento.

Otras investigaciones, como la realizada por Maultzsch et al., estudiaron el comportamiento del cemento a tiempos mucho mayores de almacenamiento (10 a 15 años), determinando que el valor de resistencia a la compresión a 2 días de vaciado sufre una reducción entre 40 a 60%, mientras que para 10 semanas de almacenamiento, la resistencia a la compresión a 28 días de vaciado se redujo sólo 20%. (Aranda, Quispe, & La Jara, pág. 3)

Es necesario que el cemento almacenado por periodos mayores de 60 días sea controlado en laboratorio antes de su empleo en obras. (Ossa, 1974, pág. 103)

Por lo tanto, y según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, tenemos que el tiempo de almacenamiento del cemento en la elaboración del concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup> reduce considerablemente la resistencia a la compresión (desde un 3.61 % hasta un 21.6 %, según el tiempo de almacenamiento). Por lo tanto se puede afirmar que el tiempo de almacenamiento del cemento influye de manera determinante en la resistencia a compresión del concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup>.

El resultado obtenido se debe a que mientras más tiempo de almacenamiento tiene el cemento, absorbe humedad lo que significa que ya ocurre la reacción con alguna parte del cemento y se forman grumos los cuales ya se comportan como agregado pero con menos resistencia debido a esta absorción de humedad por el cemento durante su almacenamiento este reduce la resistencia a compresión del concreto.

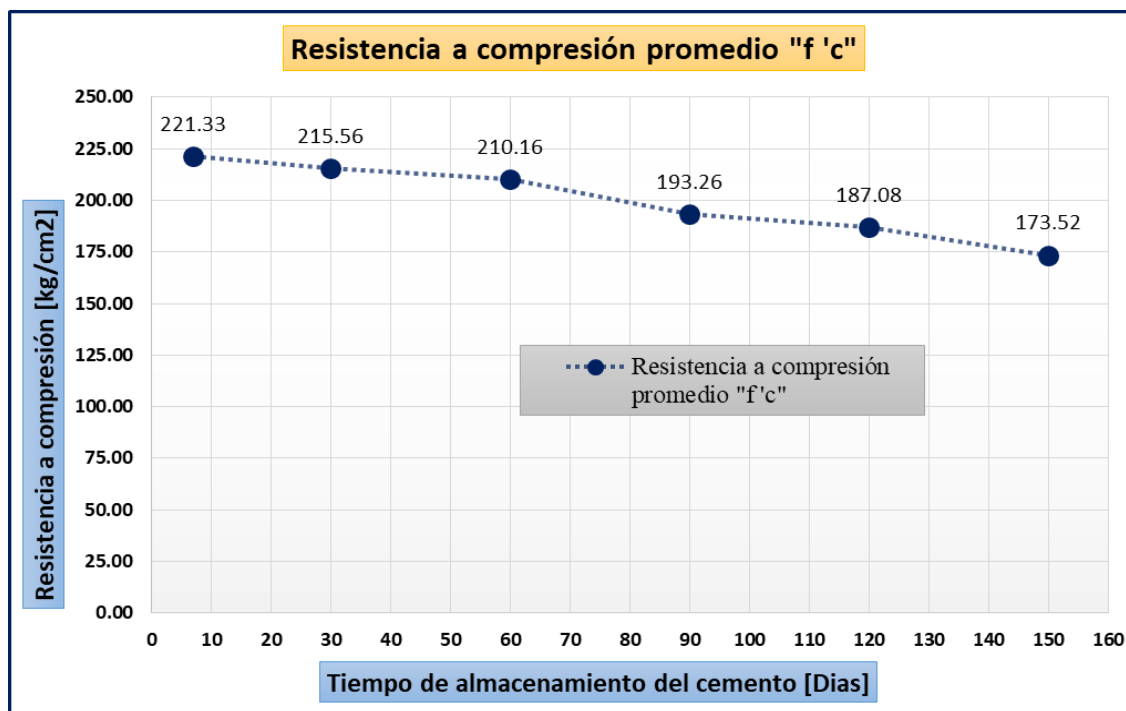
Si utilizamos cemento almacenado por las de 2 meses estaremos sustituyendo en la práctica una parte del agregado por cemento endurecido con características resistentes inciertas y definitivamente inferiores a la de la arena y la piedra, que causa zonas de estructura débil, cuya trascendencia será mayor según sea la proporción de estas partículas. (Ossa, 1974)

Finalmente se tiene la siguiente figura resumen, con respecto al tiempo de almacenamiento del cemento y la resistencia a compresión para una dosificación de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 36:** Resumen del tiempo de almacenamiento del cemento y la resistencia a compresión para una dosificación de  $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Tiempo de almacenamiento del cemento [días]	Resistencia a compresión promedio "f'c" [kg/cm2]
7	221.33
30	215.56
60	210.16
90	193.26
120	187.08
150	173.52

*Fuente:* Elaboración propia



**Figura 27:** Comportamiento de la resistencia a compresión del concreto elaborado con cemento de diferentes tiempos de almacenamiento

*Fuente:* Elaboración propia

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Comparaciones múltiples

**Tabla 37:** Comparaciones múltiples ANOVA de un factor (densidad del concreto)

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: DENSIDAD

HSD Tukey

(I) TIEMPO		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
fresco	30 días	,018200 <sup>*</sup>	.003551	.000
	60 días	,039200 <sup>*</sup>	.003551	.000
	90 días	,068600 <sup>*</sup>	.003551	.000
	120 días	,087600 <sup>*</sup>	.003551	.000
	150 días	,129400 <sup>*</sup>	.003551	.000
30 días	fresco	-,018200 <sup>*</sup>	.003551	.000
	60 días	,021000 <sup>*</sup>	.003551	.000
	90 días	,050400 <sup>*</sup>	.003551	.000
	120 días	,069400 <sup>*</sup>	.003551	.000
	150 días	,111200 <sup>*</sup>	.003551	.000
60 días	fresco	-,039200 <sup>*</sup>	.003551	.000
	30 días	-,021000 <sup>*</sup>	.003551	.000
	90 días	,029400 <sup>*</sup>	.003551	.000
	120 días	,048400 <sup>*</sup>	.003551	.000
	150 días	,090200 <sup>*</sup>	.003551	.000
90 días	fresco	-,068600 <sup>*</sup>	.003551	.000
	30 días	-,050400 <sup>*</sup>	.003551	.000
	60 días	-,029400 <sup>*</sup>	.003551	.000
	120 días	,019000 <sup>*</sup>	.003551	.000
	150 días	,060800 <sup>*</sup>	.003551	.000
120 días	fresco	-,087600 <sup>*</sup>	.003551	.000
	30 días	-,069400 <sup>*</sup>	.003551	.000
	60 días	-,048400 <sup>*</sup>	.003551	.000
	90 días	-,019000 <sup>*</sup>	.003551	.000
	150 días	,041800 <sup>*</sup>	.003551	.000
150 días	fresco	-,129400 <sup>*</sup>	.003551	.000
	30 días	-,111200 <sup>*</sup>	.003551	.000
	60 días	-,090200 <sup>*</sup>	.003551	.000
	90 días	-,060800 <sup>*</sup>	.003551	.000
	120 días	-,041800 <sup>*</sup>	.003551	.000

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

**Fuente:** Programa estadístico IBM SPSS Software

**Tabla 38:** Comparaciones múltiples ANOVA de una factor (resistencia a la compresión)

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

HSD Tukey

(I) TIEMPO		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
fresco	30 días	5.7800	2.3787	.186
	60 días	11,1800 <sup>*</sup>	2.3787	.001
	90 días	28,0800 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	120 días	34,2600 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	150 días	47,8200 <sup>*</sup>	2.3787	.000
30 días	fresco	-5.7800	2.3787	.186
	60 días	5.4000	2.3787	.245
	90 días	22,3000 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	120 días	28,4800 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	150 días	42,0400 <sup>*</sup>	2.3787	.000
60 días	fresco	-11,1800 <sup>*</sup>	2.3787	.001
	30 días	-5.4000	2.3787	.245
	90 días	16,9000 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	120 días	23,0800 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	150 días	36,6400 <sup>*</sup>	2.3787	.000
90 días	fresco	-28,0800 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	30 días	-22,3000 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	60 días	-16,9000 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	120 días	6.1800	2.3787	.136
	150 días	19,7400 <sup>*</sup>	2.3787	.000
120 días	fresco	-34,2600 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	30 días	-28,4800 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	60 días	-23,0800 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	90 días	-6.1800	2.3787	.136
	150 días	13,5600 <sup>*</sup>	2.3787	.000
150 días	fresco	-47,8200 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	30 días	-42,0400 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	60 días	-36,6400 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	90 días	-19,7400 <sup>*</sup>	2.3787	.000
	120 días	-13,5600 <sup>*</sup>	2.3787	.000

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

**Fuente:** Programa estadístico IBM SPSS Software

ANOVA

DENSIDAD

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	56918.967	5	11383.793	361.199	.000
Dentro de grupos	756.400	24	31.517		
Total	57675.367	29			

*Fuente: Programa estadístico IBM SPSS Software*

ANOVA

RESISTENCIA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8570.691	5	1714.138	121.182	.000
Dentro de grupos	339.484	24	14.145		
Total	8910.175	29			

*Fuente: Programa estadístico IBM SPSS Software*

La prueba Anova de un factor ( $p \leq 0.05$ ) para la densidad del concreto (tabla 38) y la resistencia a la compresión (Tabla 39), muestra el Anova de un factor del periodo de almacenamiento en forma ascendente, de tal forma tenemos la:

**Formulación de la hipótesis:**

$H_0$ =No existen diferencias significativas

$H_1$ = Al menos dos son diferentes

**Toma de decisión:**

Como se muestra la prueba Anova para la densidad del concreto (tabla 36) y para la resistencia (tabla 37) muestran un P-valor inferior al nivel de significancia de 0.05, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna y decimos que al menos dos de estos datos comparados son diferentes.

De la tabla 36 y 37 podemos deducir que:

R (7 días) > R (30 días) > R (60 días) > R (90 días) > R (120 días) > R (150 días)

La resistencia va disminuyendo a medida que el periodo de almacenamiento aumenta.

D (7 días) > D (30 días) > D (60 días) > D (90 días) > D (120 días) > D (150 días)

La densidad del concreto va disminuyendo a medida que el periodo de almacenamiento aumenta.



## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

- El tiempo de almacenamiento del cemento influye de manera negativa en las propiedades del concreto como son la resistencia a la compresión, consistencia y densidad.
- La resistencia a la compresión respecto al tiempo de almacenamiento del cemento fresco fue 221.33 kg/cm<sup>2</sup> y conforme aumenta el periodo de almacenamiento la resistencia a la compresión se reduce llegando a tener la resistencia mínima requerida la cual es 210.16 kg/cm<sup>2</sup> a los 60 días, la resistencia reduce hasta 173.52 kg/cm<sup>2</sup> a los 150 días teniéndose así una reducción en la resistencia a la compresión de 21.6 %.
- El tiempo de almacenamiento del cemento tiene una incidencia negativa en la consistencia del concreto, se midió mediante el cono de Abrams, se inició con una consistencia plástica de diseño con un asentamiento de 3.85” (3”-4”) posteriormente este parámetro decrece, el asentamiento promedio a los 60 días es 3.02” (consistencia plástica) y este disminuye un 21.50 %, el asentamiento a los 90 días es de 2.51” (consistencia seca) y este disminuye 34.80%, a los 120 días el asentamiento promedio es 2.26” (consistencia seca) y este disminuye en 41.30%, el asentamiento promedio a los 150 días es 2.01” (consistencia seca) y este disminuye un 47.80 %.
- El concreto elaborado con cemento portland tipo IP - marca Rumi, a diferentes periodos de almacenamiento como son 7, 30, 60, 90, 120, 150 días posee una densidad promedio de 2.21, 2.20, 2.18, 2.15, 2.13, 2.09 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente y concluimos que la densidad del concreto disminuye a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento del cemento, por lo tanto tenemos que a menor densidad menor resistencia a la compresión del concreto.

## CAPITULO VI

### RECOMENDACIONES

- De acuerdo a lo obtenido en la presente investigación, se recomienda no utilizar para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , cemento con tiempo de almacenamiento mayor a 60 días, puesto que no se logrará obtener la resistencia a compresión de diseño, posteriores a este tiempo (hasta los 150 días) podemos seguir utilizando el cemento en elementos no estructurales como son: cimentaciones corridas, sobre cimientos, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras y algunos muros.
- Se recomienda realizar investigaciones similares siguiendo las siguientes consideraciones:
  - ✓ Realizar la investigación en otras ciudades y para diferentes condiciones climáticas.
  - ✓ Periodos de almacenamiento mayores a 5 meses.
  - ✓ Considerar métodos de eliminación de grumos diferentes al método del tamizado.
  - ✓ Realizar el estudio para cemento almacenado en diferentes presentaciones que las bolsas de 42.5 kg.
  - ✓ Realizar el estudio con ensayos en condición de obra.
- Se debe tener en cuenta el tiempo de fabricación del cemento para realizar los diferentes ensayos, el cemento que tenga mucho tiempo almacenamiento puede presentar grumos lo cual no es aconsejable para realizar los ensayos.

## CAPITULO VII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (1995). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: Universidad Mayor de San Marcos.
- ACI. (2016). 225.
- ACI. (s.f.). *Terminología del cemento y el hormigón*. Comité ACI 116.
- Alvarado, D., & Cortez, P. (2018). *Influencia del tiempo de almacenamiento y tipo de cemento en la fluidez, fraguado y compresión de morteros de asiento (tesis de pregrado)*. Trujillo-Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Aranda, J., Quispe, M., & La Jara, H. (s.f.). *Variación De Las Propiedades Del Cemento Portland Tipo I, Almacenado En Condiciones No Favorables Durante Largos Periodos*. Cemento Andino S.A.
- Cana, D., & Quispe, S. (2018). *Análisis de las propiedades mecánicas del concreto aplicando cemento portland tipo IP almacenado en condiciones no favorables durante los meses más húmedos en la ciudad de Arequipa (tesis de pregrado)*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Cementos, S. (2014). *Ficha Técnica*. Arequipa.
- Comité ACI 225. (2016).
- (2006). *Conceptos basicos del concreto*. IMCYC.
- D3999-91(2003), A. (1991). [www.astm.org](http://www.astm.org). *Standard Test Methods for the Determination of the Modulus and Damping Properties of Soils Using the Cyclic Triaxial Apparatus, ASTM International, West Conshohocken*.
- Feijoo, O. (2016). *Estudio del comportamiento del cemento tipo I Co almacenado con envase protector aislante (tesis de pregrado)*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigacion* (Tercera ed.). (A. Martinez, Ed.) Mexico: McGraw-Hill.
- Herrera, R., & Tomas, F. (2011). *Seis sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones*. Obtenido de [www.eumed.net/libros/2011b/939/](http://www.eumed.net/libros/2011b/939/)
- Huaranca, E. (2015). *Influencia de cenizas volantes como sustituto del cemento portland en las características del concreto con agregados de la cantera cutimbo (tesis de pregrado)*. Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Isidro, G. (2017). *Influencia De Las Fibras De Polipropileno En Las Propiedades Del Concreto f'c 210 Kg/cm2 (tesis de pregrado)*. Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. EE.UU: PCA.
- Kumar, M., & Monteiro, P. (2001). *Concrete microstructure properties and materials*. California.
- Moreno, H. (s.f.). Almacenamiento del Cemento Portland.
- Ossa, M. (1974). Influencia de la edad y tipo de almacenamiento en los cementos chilenos. *Revista IDIEM*, 22.
- Pasquel, E. (1998). *Temas de Tecnología del Concreto en el Perú*. Lima-Perú: Colección del Ingeniero Civil.
- Rincon, P. (2006). *Evaluación Del Fenómeno De Formación De Grumos Y/O Endurecimiento Prematuro En Los Cementos Ensacados En Cementos Paz Del Río S.A (tesis de pregrado)*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Sanchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá-Colombia: Bhandar Editores.
- Terminología del cemento y concreto. (2000). En *ACI 116 R*.
- Thompson, J. A. (1974). "Resilient Response of Granular Materials Subjected to Time Dependent Lateral Stresses". Washington, D.C: Record.

# ANEXOS