

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
DE  $F'C=210 \text{ Kg/Cm}^2$  AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR  
CONFITILLO EN 25%, 50%, 75% Y 100%”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Bach. ARNOLD ALEXANDER CAMPOS RIVERA

**ASESOR:**

Dr. ING. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2025**

## **CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

### **- FACULTAD DE INGENIERÍA -**

1. **Investigador:** ARNOLD ALEXANDER CAMPOS RIVERA

**DNI:** 74291162

**Escuela Profesional:** INGENIERÍA CIVIL

2. **Asesor:** Dr. Ing. MIGUEL MOSQUEIRA MORENO

**Facultad:** DE INGENIERÍA

3. **Grado académico o título profesional**

☐ Bachiller

☒ Título profesional

☐ Segunda especialidad

☐ Maestro

☐ Doctor

4. **Tipo de Investigación:**

☒ Tesis

☐ Trabajo de investigación

☐ Trabajo de suficiencia profesional

☐ Trabajo académico

5. **Título de Trabajo de Investigación:**

“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE  $F'C=210 \text{ Kg/Cm}^2$  AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR CONFITILLO EN 25%, 50%, 75% Y 100%”

6. **Fecha de evaluación:** 03/02/2026

7. **Software antiplagio:**

☒ TURNITIN

☐ URKUND (OURIGINAL) (\*)

8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 21%

9. **Código Documento: Oid:** 3117:552452760

10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**

☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 03/02/2026



**FIRMA DEL ASESOR**

Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO  
DNI: 26733060



Firmado digitalmente por:  
BAZAN DIAZ Laura Sofia  
FAU 20148258601 soft  
Motivo: En señal de  
conformidad  
Fecha: 03/02/2026 10:44:21-0500

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI**



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



**SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.**

**ACTA N° 0048-2026**

TITULO : VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE  $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$  AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR CONFITILLO EN 25%, 50%, 75% Y 100%.

ASESOR : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto en el Art. 035 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería da a conocer que, a los **doce días del mes de febrero de 2026**, siendo las nueve horas (09:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A – Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.  
Vocal : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.  
Secretario : M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE  $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$  AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR CONFITILLO EN 25%, 50%, 75% Y 100%, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **ARNOLD ALEXANDER CAMPOS RIVERA**; asesorado por el Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : ..... 6 ..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA : ..... 10 ..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : ..... 16 ..... PTS ..... **DIECISEIS** (En letras)

En consecuencia, se lo declara **APROBADO** con el calificativo de **16 (DIECISEIS)** acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las **10:20** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.  
Presidente

Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.  
Vocal

M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.  
Secretario

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.  
Asesor

COPYRIGHT © 2025 by  
ARNOLD ALEXANDER CAMPOS RIVERA  
Todos los derechos reservados

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, agradezco a Dios por sus bendiciones y por brindarme la oportunidad de alcanzar mis metas y sueños.

A mis padres Williams y Patricia por haberme apoyado en todo momento y en cada paso haberme dado la oportunidad de estudiar esta maravillosa carrera y no dejarme solo en los momentos difíciles.

A mi asesor, el Ingeniero Miguel Angel Mosqueira Moreno por su paciencia, dedicación y por sus sabios consejos y guía durante todo el proceso de elaboración de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermano por haberme apoyado en todo momento de manera incondicional y no haber flaqueado en los momentos difíciles y a mi pequeño Kamill quien es, ha sido y será el motor de cada paso que de en la vida personal y profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| AGRADECIMIENTO                                  | i    |
| DEDICATORIA                                     | ii   |
| ÍNDICE DE TABLAS                                | v    |
| ÍNDICE DE FIGURAS                               | vii  |
| RESUMEN                                         | viii |
| ABSTRACT                                        | ix   |
| CAPITULO I. INTRODUCCIÓN                        | 1    |
| 1.1. Planteamiento del problema                 | 1    |
| 1.2. Formulación del problema                   | 3    |
| 1.3. Hipótesis                                  | 3    |
| 1.4. Justificación de la investigación          | 3    |
| 1.5. Delimitación de la investigación           | 4    |
| 1.6. Limitaciones                               | 4    |
| 1.7. Objetivos                                  | 4    |
| 1.7.1. Objetivo general                         | 4    |
| 1.7.2. Objetivos específicos                    | 4    |
| 1.8. Descripción del contenido de los capítulos | 5    |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO                      | 7    |
| 2.1. Antecedentes teóricos                      | 7    |
| 2.1.2. A nivel nacional                         | 7    |
| 2.2. Bases teóricas                             | 8    |
| 2.2.1. Concreto                                 | 8    |
| 2.2.2. Componentes del concreto                 | 8    |
| 2.2.3. Confitillo                               | 9    |
| 2.2.4. Resistencia a compresión                 | 11   |
| 2.2.5. Slump                                    | 13   |
| 2.2.6. Tamaño máximo nominal                    | 13   |
| 2.2.7. Peso específico de masa                  | 14   |
| 2.2.8. Peso específico de masa                  | 14   |
| 2.2.9. Peso específico de masa                  | 14   |
| 2.2.10. Peso unitario del concreto              | 15   |
| 2.2.11. Módulo de finura                        | 15   |
| 2.3. Definición de términos básicos             | 15   |
| CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS              | 16   |
| 3.1. Ubicación geográfica del estudio           | 16   |
| 3.2. Diseño de investigación                    | 16   |
| 3.3. Método de investigación                    | 17   |

|                                                 |                                                                  |    |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.                                            | Tipo de investigación                                            | 17 |
| 3.5.                                            | Variables de estudio                                             | 17 |
| 3.5.1.                                          | Variable independiente                                           | 17 |
| 3.5.2.                                          | Variable dependiente                                             | 17 |
| 3.6.                                            | Población de estudio                                             | 17 |
| 3.7.                                            | Muestra                                                          | 17 |
| 3.7.1.                                          | Unidad de análisis y unidad de observación                       | 18 |
| 3.8.                                            | Diseños de mezcla elaborados                                     | 18 |
| 3.9.                                            | Técnicas e instrumentos de recopilación de información           | 19 |
| 3.9.1.                                          | Técnicas de ensayo en laboratorio                                | 19 |
| 3.10.                                           | Técnicas para el procesamiento y análisis de información         | 31 |
| 3.11.                                           | Resultados estadísticos de la resistencia a compresión           | 33 |
| 3.11.1.                                         | Propiedades físicas de los agregados                             | 33 |
| 3.11.2.                                         | Resultados de la resistencia a compresión de los tratamientos    | 33 |
| 3.11.3.                                         | ANOVA de la resistencia a compresión a los 7 días                | 39 |
| 3.11.4.                                         | ANOVA de la resistencia a compresión a los 14 días               | 41 |
| 3.11.5.                                         | ANOVA de la resistencia a compresión a los 28 días               | 44 |
| 3.12.                                           | Comparación de los tratamientos en estudio                       | 46 |
| CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS |                                                                  | 51 |
| 4.1.                                            | Análisis, interpretación y discusión de resultados               | 51 |
| 4.1.1.                                          | Propiedades físicas de los agregados                             | 51 |
| 4.1.2.                                          | Resumen de la resistencia a compresión de los tratamientos       | 51 |
| 4.1.3.                                          | Resistencia a compresión a los 7 días                            | 52 |
| 4.1.4.                                          | Resistencia a compresión a los 14 días                           | 54 |
| 4.1.5.                                          | Resistencia a compresión a los 28 días                           | 56 |
| 4.1.6.                                          | Variación del desarrollo a compresión de tratamientos estudiados | 58 |
| 4.1.7.                                          | Contrastación de la hipótesis                                    | 60 |
| CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES      |                                                                  | 61 |
| 5.1.                                            | Conclusiones                                                     | 61 |
| 5.2.                                            | Recomendaciones                                                  | 62 |
| BIBLIOGRAFÍA                                    |                                                                  | 63 |
| ANEXOS                                          |                                                                  | 83 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1:</b> Ubicación geográfica de la cantera “La Victoria”                                                                    | 16 |
| <b>Tabla 2:</b> Muestra de las probetas a ensayar                                                                                   | 18 |
| <b>Tabla 3:</b> Cantidad mínima de muestra a ensayar                                                                                | 24 |
| <b>Tabla 4:</b> Estándares para el control del concreto para $f'c \leq 35$ Mpa                                                      | 32 |
| <b>Tabla 5:</b> Características físicas de los agregados                                                                            | 33 |
| <b>Tabla 6:</b> Resultados de la resistencia a compresión para el diseño patrón                                                     | 33 |
| <b>Tabla 7:</b> Resultados de la resistencia a compresión para la mezcla con 25% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso   | 34 |
| <b>Tabla 8:</b> Resultados de la resistencia a compresión para la mezcla con 50% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso   | 35 |
| <b>Tabla 9:</b> Resultados de la resistencia a compresión para la mezcla con 75% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso   | 36 |
| <b>Tabla 10:</b> Resultados de la resistencia a compresión para la mezcla con 100% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso | 37 |
| <b>Tabla 11:</b> Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 7 días                                                | 39 |
| <b>Tabla 12:</b> Medias de la resistencia a compresión a los 7 días                                                                 | 39 |
| <b>Tabla 13:</b> Información agrupada de la resistencia a compresión, método Tukey                                                  | 39 |
| <b>Tabla 14:</b> Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 14 días                                               | 41 |
| <b>Tabla 15:</b> Medias de la resistencia a compresión a los 14 días                                                                | 42 |
| <b>Tabla 16:</b> Información agrupada de la resistencia a compresión, método Tukey                                                  | 42 |
| <b>Tabla 17:</b> Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 28 días                                               | 44 |
| <b>Tabla 18:</b> Medias de la resistencia a compresión a los 28 días                                                                | 44 |
| <b>Tabla 19:</b> Información agrupada de la resistencia a compresión, método Tukey                                                  | 44 |
| <b>Tabla 20:</b> Variación en la resistencia a compresión según tratamientos a 7d.                                                  | 49 |
| <b>Tabla 21:</b> Variación en la resistencia a compresión según tratamientos a 14d.                                                 | 49 |
| <b>Tabla 22:</b> Variación en la resistencia a compresión según tratamientos a 28d.                                                 | 49 |
| <b>Tabla 23:</b> Comparativo de los pesos volumétricos a los 7, 14 y 28 días.                                                       | 49 |
| <b>Tabla 24:</b> Materiales usados para el diseño y las mezcla                                                                      | 50 |
| <b>Tabla 25:</b> Contenido de humedad del agregado fino                                                                             | 71 |
| <b>Tabla 26:</b> Contenido de humedad del agregado grueso                                                                           | 71 |
| <b>Tabla 27:</b> Contenido de humedad del confitillo                                                                                | 71 |
| <b>Tabla 28:</b> Peso específico del agregado grueso                                                                                | 71 |
| <b>Tabla 29:</b> Absorción del agregado grueso                                                                                      | 72 |
| <b>Tabla 30:</b> Peso específico del agregado fino                                                                                  | 72 |
| <b>Tabla 31:</b> Absorción del agregado fino                                                                                        | 72 |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 32:</b> Peso específico del confitillo                                              | 72 |
| <b>Tabla 33:</b> Absorción del confitillo                                                    | 72 |
| <b>Tabla 34:</b> Peso unitario y compactado del agregado grueso                              | 73 |
| <b>Tabla 35:</b> Peso unitario y compactado del agregado fino                                | 73 |
| <b>Tabla 36:</b> Peso unitario y compactado del confitillo                                   | 73 |
| <b>Tabla 37:</b> Partículas < N°200 para el agregado grueso                                  | 73 |
| <b>Tabla 38:</b> Partículas < N°200 para el agregado fino                                    | 73 |
| <b>Tabla 39:</b> Partículas < N°200 para el confitillo                                       | 74 |
| <b>Tabla 40:</b> Ensayo de abrasión del agregado grueso                                      | 74 |
| <b>Tabla 41:</b> Ensayo de abrasión del confitillo                                           | 74 |
| <b>Tabla 42:</b> Granulometría del agregado grueso                                           | 75 |
| <b>Tabla 43:</b> Granulometría del agregado fino                                             | 76 |
| <b>Tabla 44:</b> Granulometría del confitillo                                                | 77 |
| <b>Tabla 45:</b> Relación aprox. entre la resistencia promedio y la de diseño $f'_{cr}/f'_c$ | 79 |
| <b>Tabla 46:</b> Requisitos de agua de mezclado y contenido de aire                          | 80 |
| <b>Tabla 47:</b> Contenido de aire para concreto sin aire incorporado                        | 80 |
| <b>Tabla 48:</b> Relación agua/cemento en peso                                               | 80 |
| <b>Tabla 49:</b> Módulo de finura de la combinación de los agregados                         | 74 |
| <b>Tabla 50:</b> Materiales usados en el diseño y en la mezcla con 25% de reemplazo          | 77 |
| <b>Tabla 51:</b> Materiales usados en el diseño y en la mezcla con 50% de reemplazo          | 77 |
| <b>Tabla 52:</b> Materiales usados en el diseño y en la mezcla con 75% de reemplazo          | 78 |
| <b>Tabla 53:</b> Materiales usados en el diseño y en la mezcla con 100% de reemplazo         | 78 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Ubicación geográfica de la cantera “La Victoria”                                                                    | 16 |
| <b>Figura 2:</b> Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 7d.                                                        | 40 |
| <b>Figura 3:</b> Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 7 d.                                             | 40 |
| <b>Figura 4:</b> Gráfica de caja de resistencia a compresión a los 7d.                                                              | 41 |
| <b>Figura 5:</b> Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 14 d.                                                      | 42 |
| <b>Figura 6:</b> Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 14 d.                                            | 43 |
| <b>Figura 7:</b> Gráfica de caja de resistencia a compresión a los 14d.                                                             | 43 |
| <b>Figura 8:</b> Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 28d.                                                       | 45 |
| <b>Figura 9:</b> Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 28 d.                                            | 45 |
| <b>Figura 10:</b> Gráfica de caja de resistencia a compresión a los 28d.                                                            | 46 |
| <b>Figura 11:</b> Desarrollo de la resistencia a compresión del diseño patrón                                                       | 46 |
| <b>Figura 12:</b> Desarrollo de la resistencia a compresión – mezcla con 25% de confitillo en el agregado grueso                    | 47 |
| <b>Figura 13:</b> Desarrollo de la resistencia a compresión del diseño patrón – mezcla con 50% de confitillo en el agregado grueso  | 47 |
| <b>Figura 14:</b> Desarrollo de la resistencia a compresión del diseño patrón – mezcla con 75% de confitillo en el agregado grueso  | 48 |
| <b>Figura 15:</b> Desarrollo de la resistencia a compresión del diseño patrón – mezcla con 100% de confitillo en el agregado grueso | 48 |
| <b>Figura 16:</b> Curva de distribución granulométrica AG                                                                           | 75 |
| <b>Figura 17:</b> Curva de distribución granulométrica AF                                                                           | 76 |
| <b>Figura 18:</b> Curva de distribución granulométrica Confitillo                                                                   | 77 |
| <b>Figura 19:</b> Tesista en la cantera “La Victoria”                                                                               | 79 |
| <b>Figura 20:</b> Tesista realizando ensayo de peso específico del agregado grueso                                                  | 79 |
| <b>Figura 21:</b> Tesista realizando el ensayo de contenido de humedad                                                              | 80 |
| <b>Figura 22:</b> Tesista realizando el ensayo de absorción del agregado grueso                                                     | 80 |
| <b>Figura 23:</b> Tesista en la elaboración de probetas.                                                                            | 81 |
| <b>Figura 24:</b> Tesista enrasando las probetas                                                                                    | 81 |
| <b>Figura 25:</b> Tesista y asesor en el ensayo de resistencia a compresión                                                         | 82 |
| <b>Figura 26:</b> Tesista y asesor en el ensayo de resistencia a compresión                                                         | 82 |

## RESUMEN

En la ejecución de elementos estructurales de dimensiones reducidas y con alta congestión de acero, como muros delgados, columnas, vigas y losas de pequeño espesor, el uso de agregado grueso evidencia fallas recurrentes, entre ellas nidos de grava, vacíos internos, mala compactación, segregación, deficiente adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo y fisuración temprana, las cuales reducen la resistencia a la compresión del concreto; ante esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al reemplazar el agregado grueso por confitillo en proporciones de 25%, 50%, 75% y 100%, con la finalidad de mejorar la trabajabilidad, asegurar un adecuado llenado de los encofrados y lograr una correcta compactación del concreto, para ello se elaboraron 150 probetas manteniendo constantes los demás componentes de la mezcla y modificando únicamente el porcentaje de confitillo como reemplazo del agregado grueso, las cuales fueron sometidas a ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días; los resultados de las mezclas con reemplazo presentan un incremento de la resistencia respecto al diseño patrón, observándose que el reemplazo del 25% alcanzó un aumento del 3.39% ( $f'_c = 248.87 \text{ kg/cm}^2$ ), el 50% un incremento del 8.24% ( $f'_c = 260.55 \text{ kg/cm}^2$ ), el 75% un aumento del 11.69% ( $f'_c = 268.84 \text{ kg/cm}^2$ ) y el 100% un incremento del 2.54% ( $f'_c = 246.83 \text{ kg/cm}^2$ ), siendo el reemplazo del 75% el que presentó el mayor incremento de resistencia.

### Palabras clave:

Concreto, variación, resistencia a la compresión, confitillo, agregado grueso

## ABSTRACT

In the construction of structural elements of reduced dimensions and with high steel congestion, such as thin walls, columns, beams, and slabs of small thickness, the use of coarse aggregate shows recurrent deficiencies, including gravel nests, internal voids, poor compaction, segregation, inadequate bond between concrete and reinforcing steel, and early cracking, which reduce the compressive strength of concrete; in response to this problem, the present research aims to determine the variation in the compressive strength of concrete with  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  by replacing the coarse aggregate with confitillo at proportions of 25%, 50%, 75%, and 100%, with the purpose of improving workability, ensuring proper filling of formwork, and achieving adequate concrete compaction; for this purpose, 150 concrete specimens were prepared while keeping the other mixture components constant and modifying only the percentage of confitillo as a replacement for the coarse aggregate, and these specimens were subjected to compressive strength tests at 7, 14, and 28 days; the results show that mixtures with replacement present an increase in compressive strength compared to the control mix, with the 25% replacement showing an increase of 3.39% ( $f'c = 248.87 \text{ kg/cm}^2$ ), the 50% replacement an increase of 8.24% ( $f'c = 260.55 \text{ kg/cm}^2$ ), the 75% replacement an increase of 11.69% ( $f'c = 268.84 \text{ kg/cm}^2$ ), and the 100% replacement an increase of 2.54% ( $f'c = 246.83 \text{ kg/cm}^2$ ), with the 75% replacement presenting the greatest increase in compressive strength.

### Keywords:

Concrete, variation, compressive strength, confitillo, coarse aggregate

## **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

En diversos países, la ejecución de obras de ingeniería civil ha evidenciado que, en elementos estructurales de geometría compleja o con alta congestión de acero, tales como muros delgados, columnas y vigas densamente armadas, losas de pequeño espesor, el uso de agregado grueso ha ocasionado fallas y patologías recurrentes, entre ellas nidos de grava, vacíos internos, deficiente compactación, segregación del concreto, exudación excesiva, baja adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo, fisuración temprana, disminuyendo la resistencia a compresión; esta misma problemática ha sido reportada en el ámbito nacional, donde numerosos proyectos de edificación e infraestructura presentan deficiencias constructivas similares, incrementando la necesidad de reparaciones y retrabajos, situación que a nivel regional se ve agravada por prácticas constructivas tradicionales, limitaciones en el control del concreto fresco y diseños de mezcla poco adecuados a las condiciones reales de obra; finalmente, en la localidad, la experiencia directa en diversas obras confirma la recurrencia de estas patologías en diversos elementos, razón por la cual, con el objetivo de mejorar la trabajabilidad, asegurar un adecuado llenado de los encofrados, garantizar una correcta compactación y optimizar la adherencia acero–concreto, se recomienda en este tipo de elementos reemplazar el agregado grueso convencional por confitillo.

En la construcción de elementos de concreto, la elección y adecuación de los agregados desempeña un papel fundamental, ya que estos representan entre el 60 % y 75 % del volumen total de la mezcla y tienen una influencia directa en sus propiedades mecánicas y de durabilidad. Tradicionalmente, se utiliza grava como

agregado grueso; sin embargo, en estructuras de dimensiones reducidas, el uso de estos agregados podría presentar limitaciones como por ejemplo que su tamaño supere el espaciamiento entre encofrado y refuerzo, dificultando la colocación y compactación del concreto. (Torres, J., y Salazar, L. 2020)

Frente a esta realidad, se vuelve necesario explorar alternativas viables sin comprometer la calidad del concreto. El confitillo, un agregado de menor tamaño que proviene del proceso de chancado de piedra, suele estar disponible localmente y en grandes cantidades, pero su uso como reemplazo parcial o total del agregado grueso no ha sido suficientemente evaluado desde el punto de vista técnico. (Liu, C. y otros, 2022).

La principal interrogante que se plantea es cómo afectará la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al sustituir el agregado grueso convencional por confitillo en diferentes proporciones. La falta de estudios que analicen este comportamiento limita la toma de decisiones en proyectos que podrían beneficiarse del uso de este material alternativo.

En la región de Cajamarca, el desarrollo del sector construcción ha generado una creciente demanda de materiales pétreos, especialmente agregados gruesos como la piedra chancada. El confitillo al ser un material de origen natural y de amplia disponibilidad en diversas zonas de Cajamarca, se convierte en una alternativa local accesible. Además, sus características físicas permiten su incorporación en el concreto como parte del agregado grueso, manteniendo la función estructural de esqueleto resistente de la mezcla.

Por lo tanto, se hace necesario investigar la variación de la resistencia a la compresión del concreto al reemplazar el agregado grueso por confitillo en proporciones del 25%, 50%, 75% y 100%, con el fin de determinar su viabilidad

técnica y promover prácticas constructivas más sostenibles y económicas en el contexto peruano.

## **1.2. Formulación del problema**

¿En cuánto varía la resistencia a la compresión del concreto de  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  al reemplazar el agregado grueso por confitillo en 25%, 50%, 75% y 100%?

## **1.3. Hipótesis**

La resistencia a compresión de un concreto de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , al reemplazar un 25%, 50%, 75% y 100% de confitillo en el agregado grueso, aumentará en más del 5%

## **1.4. Justificación de la investigación**

El estudio del uso del confitillo dentro del concreto se justifica por ser un material que permite la mejora de sus propiedades, como la resistencia a compresión, trabajabilidad, adherencia y compactación. El concreto, al ser el material más utilizado en estructuras, requiere de agregados que garanticen resistencia, durabilidad y trabajabilidad.

El confitillo, por su granulometría más reducida y fácil disponibilidad en canteras, surge como una opción viable para sustituir parcial o totalmente al agregado grueso tradicional. Su incorporación en el concreto aporta ventajas en mezclas destinadas a elementos de menor sección o piezas arquitectónicas específicas, donde el tamaño del agregado convencional puede resultar inadecuado.

El análisis de sus efectos en la resistencia a la compresión permitirá establecer parámetros para su aplicación en proyectos de ingeniería civil.



### **1.5. Delimitación de la investigación**

La investigación se delimitó al estudio de la variación de la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , considerando como variable el reemplazo parcial y total del agregado grueso por confitillo con un diámetro de 3/8" en proporciones de 25%, 50%, 75% y 100%, en comparación con un diseño patrón (0% de reemplazo). Se trabajó únicamente con cemento Portland Tipo I y agregados provenientes de la cantera La Victoria, en Cajamarca. El análisis se centró solamente en el análisis de la resistencia a la compresión a edades de 7, 14 y 28 días, conforme a la NTP 339.034/ASTM C39. El estudio se realizó bajo condiciones de laboratorio en las instalaciones del laboratorio Guersan, en la ciudad de Cajamarca, durante los meses de febrero y marzo del 2025.

### **1.6. Limitaciones**

- No se realizaron estudios de durabilidad para el concreto
- No se realizaron análisis químicos de los agregados, ni del confitillo

### **1.7. Objetivos**

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

Determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  al reemplazar el agregado grueso por confitillo con un diámetro de 3/8", en 25%, 50%, 75% y 100%.

#### **1.7.2. Objetivos específicos**

- Diseñar un concreto patrón  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$
- Determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  al reemplazar el agregado grueso por confitillo en 25%
- Determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  al reemplazar el agregado grueso por confitillo en 50%

- Determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al reemplazar el agregado grueso por confitillo en 75%
- Determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al reemplazar el agregado grueso por confitillo en 100%
- Comparar la resistencia a compresión de las mezclas con reemplazo de confitillo, con la resistencia del Concreto patrón

### **1.8. Descripción del contenido de los capítulos**

Este trabajo de investigación se estructura en cinco capítulos, desarrollados con el propósito de analizar la influencia del reemplazo del agregado grueso por confitillo en la resistencia a la compresión del concreto.

El Capítulo I – Introducción: presenta el contexto general de la investigación, iniciando con el planteamiento y la formulación del problema, donde se expone la necesidad de evaluar materiales alternativos en el concreto. Asimismo, se establecen las hipótesis, la justificación del estudio, la delimitación, las limitaciones encontradas y los objetivos que orientan el desarrollo de la investigación.

El Capítulo II - Marco teórico: reúne los antecedentes teóricos relevantes a nivel nacional, así como las bases conceptuales necesarias para sustentar la investigación. En este capítulo se desarrollan los fundamentos del concreto, sus componentes, el confitillo como material de reemplazo y la resistencia a compresión del concreto, complementándose con la definición de los términos básicos empleados en el estudio.

El Capítulo III - Materiales y métodos: describe detalladamente la ubicación geográfica del estudio, el diseño, método y tipo de investigación, así como las variables consideradas. Además, se define la población y la muestra de estudio, la unidad de análisis y observación, los diseños de mezcla elaborados y las técnicas e instrumentos utilizados para la recopilación de información. En este capítulo también se detallan los ensayos de laboratorio realizados, el procesamiento estadístico de los datos y los resultados del análisis estadístico, incluyendo el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la resistencia a compresión a las diferentes edades de ensayo.

El Capítulo IV - Análisis y discusión de resultados: presenta el análisis, interpretación y discusión de los resultados obtenidos, evaluando el comportamiento de la resistencia a compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días. Asimismo, se analiza la variación del desarrollo de la resistencia en los tratamientos estudiados y se realiza la contrastación de la hipótesis planteada.

Finalmente, el Capítulo V - Conclusiones y recomendaciones: expone las conclusiones derivadas del estudio, en concordancia con los objetivos planteados, y se formulan recomendaciones técnicas orientadas a la aplicación práctica de los resultados y al desarrollo de futuras investigaciones.

El trabajo se complementa con la bibliografía consultada y los anexos correspondientes, que contienen información adicional de soporte.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes teóricos

#### 2.1.2. A nivel nacional

Delgado, V. (2019), en su investigación realizada en la Universidad Alas Peruanas en Huánuco, Perú, titulada “Evaluación del confitillo de la piedra chancada como material de agregado y su influencia en la durabilidad y resistencia del concreto”, tuvo como objetivo determinar la viabilidad del uso del confitillo como agregado en la producción de concreto con resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , evaluando el cumplimiento de estándares de calidad y su posible reciclaje en estructuras. Para ello, empleó tres muestras de confitillo y elaboró probetas cilíndricas de 15 cm x 30 cm mediante tres diseños de mezcla: Diseño N.º 01 (cemento, piedra chancada, agua y confitillo), Diseño N.º 02 (cemento, arena, agua y confitillo) y Diseño N.º 03 (concreto convencional con cemento, piedra chancada, agua y arena), realizando ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días. A los 28 días, los resultados mostraron que el Diseño N.º 01 alcanzó una resistencia de 284.30  $\text{kg/cm}^2$ , el Diseño N.º 02 obtuvo 269.29  $\text{kg/cm}^2$  y el Diseño N.º 03 logró 304.57  $\text{kg/cm}^2$ , evidenciando que, aunque el concreto convencional presentó mayor resistencia, los diseños con confitillo superaron la resistencia requerida, demostrando su viabilidad técnica y económica como material alternativo en la producción de concreto.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Concreto**

El concreto es un material compuesto formado principalmente por una mezcla de cemento, agua, agregados finos (como la arena) y agregados gruesos (como la grava o piedra triturada). Esta mezcla, al fraguar y endurecer, forma una masa sólida y resistente, utilizada ampliamente en la construcción por su durabilidad, versatilidad y capacidad para adoptar diversas formas. Su resistencia mecánica puede mejorarse mediante el uso de aditivos y diseños adecuados según el tipo de obra (Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M., 2020)

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

#### **2.2.2.1. Cemento**

El cemento es un material pulverulento de origen inorgánico que, al mezclarse con agua, forma una pasta que fragua y endurece debido a reacciones químicas de hidratación. Este material adquiere resistencia y solidez con el tiempo, y tiene la capacidad de unir otros componentes como los agregados, formando concreto o mortero. El tipo más común es el cemento Portland, utilizado ampliamente en la industria de la construcción por sus buenas propiedades mecánicas y durabilidad (Taylor, H. F. W., y Hewlett, P. C., 2020)

Según Cemex (2019), en Perú se fabrican con las especificaciones normativas NTP 334.090, 5 tipos de cementos: Cemento Tipo I: uso general, Cemento Tipo II y Tipo II(MH): moderada resistencia a sulfatos y al calor de hidratación, Cemento Tipo III: altas resistencias iniciales, Cemento Tipo IV: bajo calor de hidratación y Cemento Tipo V: alta resistencia a sulfatos

#### 2.2.2.2. Agua:

El agua de mezcla es el componente líquido que se incorpora al cemento y a los agregados durante la preparación del concreto. Su función principal es hidratar el cemento para iniciar las reacciones químicas de fraguado y endurecimiento, además de proporcionar la trabajabilidad necesaria para que la mezcla sea moldeable y compactable. Para no afectar la resistencia ni la durabilidad del concreto, esta agua debe estar libre de impurezas como aceites, ácidos, materia orgánica o sales excesivas. (Kosmatka, S. H., Wilson, M. L., y Lamond, J. F. 2020)

#### 2.2.2.3. Agregados

Los agregados son materiales granulares, como arena, grava, piedra triturada o materiales reciclados, que se combinan con el cemento y el agua para formar concreto. Ocupan entre el 60 % y 75 % del volumen total del concreto y funciones fundamentales como aportar resistencia, estabilidad dimensional y economía a la mezcla. Se clasifican en agregado fino (partículas menores a 5 mm, como la arena) y agregado grueso (partículas mayores a 5 mm, como grava o piedra partida). La calidad, forma, tamaño y limpieza de los agregados influyen directamente en la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del concreto (Mindess, S., Young, J. F., y Darwin, D. 2021)

La NTP 400.037 (2018), basada en gradaciones los clasifica en agregado fino y agregado grueso

#### 2.2.3. Confitillo

El confitillo es un material granular que se obtiene como subproducto en la trituración de la roca para producir agregados. Se caracteriza por tener partículas de tamaño menor al agregado grueso convencional y mayor que la arena fina,

con tamaños que suelen variar entre 4.75 mm y 12.5 mm. Se le denomina también “piedra chancada pequeña” o “agregado intermedio”. (ASTM International, 2020)

Se utiliza principalmente en la elaboración de concretos para elementos estructurales delgados, obras menores o con alta densidad de armadura, ya que mejora la trabajabilidad y permite una mejor distribución del concreto en espacios reducidos. En términos técnicos, es considerado un agregado intermedio entre el agregado fino (arena) y el agregado grueso convencional (grava). (Delgado, V, 2019)

El confitillo es un material granular de origen pétreo, resultante del proceso de trituración de rocas, cuyas partículas tienen un tamaño intermedio entre el agregado fino (arena) y el agregado grueso (piedra chancada). Su uso como reemplazo del agregado grueso en la elaboración de concreto consiste en sustituir parcial o totalmente la piedra chancada por confitillo en la mezcla, con el fin de evaluar su efecto sobre las propiedades mecánicas, especialmente la resistencia a la compresión. (Mindess, S., Young, J. F., y Darwin, D. 2021)

Esta práctica busca aprovechar un material abundante y, en muchos casos, subutilizado, como alternativa más económica y sostenible, sin comprometer significativamente la calidad estructural del concreto.

El principal motivo para utilizar confitillo en lugar de agregado grueso convencional es que, en ciertas estructuras de dimensiones reducidas, el tamaño del agregado tradicional puede ser mayor que el espacio libre entre el encofrado y la armadura, lo que dificulta su colocación adecuada y puede afectar la compactación del concreto. En estos casos, el confitillo, por tener un tamaño menor, permite una mejor trabajabilidad y un adecuado recubrimiento del acero de refuerzo, la investigación empleó el confitillo con un diámetro de 3/8”

En estructuras de pequeña escala o con elevada densidad de armadura, uno de los desafíos más comunes durante el proceso constructivo es el reducido espaciamiento entre el encofrado y las barras de refuerzo. En estas condiciones, el uso de agregados gruesos convencionales puede generar problemas en la colocación y compactación del concreto, ya que el tamaño de las partículas puede superar el espacio libre disponible, dificultando el flujo del material y provocando posibles vacíos o deficiente recubrimiento del acero. Ante esta problemática, el confitillo, un tipo de agregado de menor tamaño, surge como una alternativa viable. Su granulometría más fina facilita el llenado de moldes estrechos, mejora la trabajabilidad del concreto y permite un mejor acomodo del material en zonas con alta congestión de armaduras. Además, su uso puede representar una solución técnica y económica, especialmente en construcciones que no demandan resistencias estructurales elevadas. Por ello, resulta pertinente investigar el comportamiento mecánico del concreto al reemplazar el agregado grueso por confitillo en diferentes proporciones, con el fin de evaluar su viabilidad como sustituto parcial o total en diseños estructurales específicos. (Mindess, S., Young, J. F., y Darwin, D. 2021)

#### 2.2.4. Resistencia a compresión

La resistencia a compresión es la capacidad que tiene un material como el concreto para soportar fuerzas que tienden a reducir su tamaño o volumen, es decir, fuerzas de aplastamiento. En el caso del concreto, esta propiedad se determina mediante ensayos normalizados en laboratorio, aplicando carga axial a especímenes cilíndricos o cúbicos hasta que se produce su falla. Es uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad y el comportamiento estructural del concreto endurecido, y generalmente se expresa en megapascuales



(MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg/cm}^2$ ). (Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M. 2020)

Las probetas, se elaboran y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma NTP 339.033.

Para estimar la resistencia del concreto in situ, la norma NTP 339.034 fórmula procedimientos para las pruebas de curado en campo. Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo con el Método Estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto

Un resultado de prueba es el promedio de por lo menos 2 pruebas de resistencia curadas de manera estándar o convencional, elaboradas con la misma muestra de concreto, y sometidas a ensayo a la misma edad.

#### 2.2.4.1. Tipos de fallas en la rotura de probetas de concreto

En los ensayos de resistencia a compresión del concreto, las probetas no fallan de la misma forma. La manera en que se fracturan depende de la calidad del concreto, la esbeltez de la probeta, el alineamiento en la máquina y las condiciones de carga. (Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M. 2020). Los tipos son:

I Falla cónica: Se presenta una fractura inclinada que genera un desprendimiento en forma de cono en uno de los extremos de la probeta. Indica alineamiento inadecuado o que hubo fricción excesiva entre la base de la probeta y la máquina. (Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M. 2020)

II Falla corte: La probeta se rompe a lo largo de una superficie inclinada, como si se hubiera “cortado” diagonalmente. Se debe a esfuerzos cortantes predominantes y suele asociarse a concretos de baja calidad o mala compactación. (Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M. 2020)

III Falla cilíndrica: El concreto se agrieta verticalmente a lo largo del eje de la probeta. Refleja que el material tuvo una buena resistencia a la compresión, pero se fracturó por tensiones laterales. (Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M. 2020)

IV Falla combinada: Presenta una combinación de grietas verticales y desprendimiento en conos. Es la más común en concretos de resistencia media o alta. (Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M. 2020)

V Falla explosiva: La probeta se rompe de manera súbita y violenta, con proyección de fragmentos. Es característica de concretos de alta resistencia ( $f'_c > 500 \text{ kg/cm}^2$ ) (Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M. 2020)

VI Falla explosiva: Similar a la tipo V pero el extremo de la probeta es puntiagudo (Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M. 2020)

#### 2.2.5. Slump

El slump es una medida de la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco, determinada mediante el ensayo de asentamiento. Este ensayo consiste en llenar un molde troncocónico con concreto fresco, retirarlo y medir el descenso que experimenta la mezcla respecto a su altura original. El resultado, expresado en centímetros o milímetros, indica la fluidez del concreto: un slump bajo significa mezcla seca y rígida, mientras que un slump alto indica una mezcla más fluida. Es un control práctico y rápido en obra para verificar la uniformidad de la mezcla y su adecuación a los requisitos de colocación. (Neville, A. M., y Brooks, J. J., 2021)

#### 2.2.6. Tamaño máximo nominal

Es la abertura de tamiz inmediatamente superior al tamiz que retiene una pequeña fracción del agregado (normalmente entre 5 % y 15 % en peso). Es decir,

es el tamaño del tamiz que define el mayor diámetro “efectivo” de las partículas que componen el agregado. (Mindess, S., Young, J. F., y Darwin, D. 2021)

Este parámetro es fundamental porque influye en la trabajabilidad, resistencia, retracción y durabilidad del concreto. En la práctica, se selecciona considerando las dimensiones del elemento estructural, la separación entre armaduras y el espesor del recubrimiento. (Mindess, S., Young, J. F., y Darwin, D. 2021)

#### 2.2.7. Peso específico de masa

Es la relación entre la masa del agregado seco en horno y el volumen total que ocupa, incluyendo el volumen de los poros permeables y el volumen de los vacíos sólidos impermeables. Se usa para calcular el volumen absoluto de los agregados en una mezcla de concreto. (Kosmatka, S. H., y Wilson, M. L. 2020)

#### 2.2.8. Peso específico de masa

Es la relación entre la masa del agregado cuando sus poros permeables están llenos de agua (condición SSD), pero su superficie está seca, y el volumen total de dicho agregado. Este valor es importante porque refleja la condición de humedad más estable y se usa para diseñar mezclas de concreto, evitando errores por absorción o exceso de agua. (Kosmatka, S. H., y Wilson, M. L. 2020)

#### 2.2.9. Peso específico de masa

Relación entre masa del agregado seco en horno y el volumen que ocupa, excluyendo el volumen de poros permeables. Refleja solo la densidad del material sólido más los poros impermeables. (Kosmatka, S. H., y Wilson, M. L. 2020)

#### 2.2.10. Peso unitario del concreto

Propiedad que depende del grado de compactación del material. Hay dos tipos:

Peso unitario suelto: Es la relación entre la masa del agregado y el volumen que ocupa en un recipiente, cuando este ha sido vertido sin compactación ni vibración.

Peso unitario compactado: Es la relación entre la masa del agregado y el volumen que ocupa en un recipiente, después de haber sido compactado mediante varillado o vibración estandarizada. (Mindess, S., Young, J. F., y Darwin, D. 2021)

#### 2.2.11. Módulo de finura

Es un parámetro es usado en el diseño de mezclas de concreto, ya que influye en la trabajabilidad, la demanda de agua y la resistencia final del material. Indica de manera aproximada el tamaño medio de las partículas de un agregado fino o grueso (Kosmatka, S. H., Wilson, M. L., y Lamond, J. F. 2020)

Un módulo de finura bajo ( $\approx 2.3$ ) corresponde a una arena fina.

Un módulo de finura alto ( $\approx 3.1$ ) corresponde a una arena gruesa.

### 2.3. Definición de términos básicos

Agregado: material granular que se obtiene a partir de la desintegración natural y que se utiliza para la formación de concreto. (Conar, 2023)

Confitillo: material granular de origen pétreo, resultante del proceso de trituración de rocas, cuyas partículas tienen un tamaño intermedio entre el agregado fino (arena) y el agregado grueso (piedra chancada (Conar, 2023)

Variación: es el fenómeno propio de todos los procesos productivos que se observa en el momento de comparar lo real con lo deseado de ciertas características (Economipedia, 2023)

## CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación geográfica del estudio

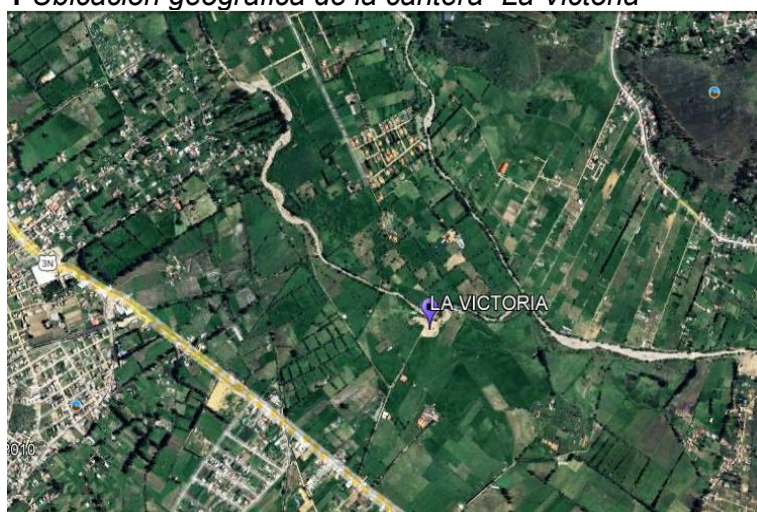
El estudio tuvo desarrollo en el laboratorio GUERSAN S.R.L., en la ciudad, provincia y departamento de Cajamarca, en el año 2025

La procedencia de los agregados usados en el estudio es de la cantera “La Victoria”, ubicada en el distrito de Cajamarca.

**Tabla 1:** *Ubicación geográfica de la cantera “La Victoria”*

| Coordenadas UTM |            |
|-----------------|------------|
| Norte           | 779874.22  |
| Este            | 9204998.75 |
| Zona            | 17 M       |

**Figura 1** *Ubicación geográfica de la cantera “La Victoria”*



### 3.2. Diseño de investigación

El diseño es experimental porque se basa en la manipulación controlada de la variable independiente (el porcentaje de reemplazo del agregado grueso por confitillo en 25%, 50%, 75% y 100%) para observar y medir su efecto en la variable dependiente (la resistencia a la compresión).

### 3.3. Método de investigación

Su enfoque cuantitativo porque cuantifica la resistencia a la compresión de probetas de concreto elaboradas con diferentes porcentajes de confitillo.

### 3.4. Tipo de investigación

Es de tipo aplicada, porque genera conocimientos sobre los materiales usados y estudia la posibilidad de emplear el confitillo como sustituto del agregado grueso convencional en la elaboración de concreto.

### 3.5. Variables de estudio

#### 3.5.1. Variable independiente

Porcentaje de reemplazo del agregado grueso por confitillo

#### 3.5.2. Variable dependiente

Resistencia a compresión

### 3.6. Población de estudio

Todas las probetas de concreto

### 3.7. Muestra

En la investigación presente se empleó la fórmula de población infinita para la determinación del tamaño de muestra, debido a que la población de estudio no puede ser cuantificada de manera exacta ni finita

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q}{E^2}$$

Donde:

Z= 1.96

p= 0.5

q=0.5

E= 0.08

$$n = \frac{3.8416 \times 0.25}{0.0064}$$

$$n = \frac{0.9604}{0.0064} = 150.06 \approx 150$$

**Tabla 2:** *Muestra de las probetas a ensayar*

| Tratamientos    | Edades de ensayo |         |         | Subtotal |
|-----------------|------------------|---------|---------|----------|
|                 | 7 días           | 14 días | 28 días |          |
| Patrón          | 10               | 10      | 10      | 30       |
| 25% Confitillo  | 10               | 10      | 10      | 30       |
| 50% Confitillo  | 10               | 10      | 10      | 30       |
| 75% Confitillo  | 10               | 10      | 10      | 30       |
| 100% Confitillo | 10               | 10      | 10      | 30       |
| TOTAL           |                  |         |         | 150      |

### 3.7.1. Unidad de análisis y unidad de observación

Cada probeta cilíndrica de concreto fabricadas con diferentes porcentajes de reemplazo de agregado grueso por confitillo

### 3.8. Diseños de mezcla elaborados

La investigación elaboró 5 tratamientos de estudio:

Tratamiento I: Diseño patrón – 0 % de reemplazo

Tratamiento II: Mezcla con 25% de reemplazo de confitillo en agregado grueso

Tratamiento III: Mezcla con 50% de reemplazo de confitillo en agregado grueso

Tratamiento IV: Mezcla con 75% de reemplazo de confitillo en agregado grueso

Tratamiento V: Mezcla con 100% de reemplazo de confitillo en agregado grueso

La elección de un solo diseño patrón se hizo para la estabilidad de la dosificación base ya que permite aislar las variables de estudio, que son los porcentajes de

reemplazo de confitillo como sustituto del agregado grueso en la resistencia a la compresión del concreto. De esta manera, los resultados obtenidos en cada tratamiento son comparables con respecto al diseño patrón, atribuyendo las variaciones de resistencia únicamente al efecto del material reemplazante.

### **3.9. Técnicas e instrumentos de recopilación de información**

#### **3.9.1. Técnicas de ensayo en laboratorio**

Las guías del estudio fueron las NTP y ASTM, para asegurar el correcto procedimiento de los ensayos. Los ensayos utilizados fueron:

##### **A. Peso unitario suelto: NTP 400.017 y NTP 400.037**

Método:

- La muestra de agregado ya sea grueso o fino, debe ser secada en horno durante 24 horas a una temperatura de  $\pm 11$  °C. Es importante que el volumen de esta muestra sea mayor que el del recipiente a utilizar.
- Una vez retirada del horno, la muestra se vertió en el recipiente desde una altura aproximada de 5 cm por encima del borde superior.
- La superficie del agregado fue nivelada utilizando una varilla, alineándola con el borde del recipiente.
- Se registró la masa total del recipiente junto con el agregado contenido en su interior.
- Para determinar el volumen exacto del recipiente, este fue llenado completamente con agua y luego pesado.

Materiales:

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de agregado fino.



- Muestras de confitillo.

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Cucharón
- Recipiente
- Varillas de apisonado
- Horno  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

B. Peso unitario compactado: NTP 400.017 y NTP 400.037

Método:

- La muestra de agregado ya sea grueso o fino, se debe secar en horno durante 24 horas a una temperatura de  $\pm 11^{\circ}\text{C}$ . El volumen de la muestra debe ser superior al del recipiente utilizado.
- Una vez retirada del horno, la muestra fue introducida en el recipiente en tres capas, compactando cada una con 25 golpes de la varilla, sin llegar a perforar la capa previamente consolidada.
- La superficie del agregado fue nivelada utilizando una varilla, enrasando con el borde superior del recipiente.
- Se registró la masa total del recipiente junto con el agregado contenido en su interior.
- El volumen del recipiente se determinó llenándolo completamente con agua y pesándolo para obtener su volumen real.

Materiales:

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de agregado fino.
- Muestras de confitillo

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Cucharón
- Recipiente
- Varillas de apisonado
- Horno  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

C. Peso específico y absorción (%): NTP 400.021

Método realizado para el agregado grueso:

- La muestra fue sometida a secado en horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  y luego se dejó enfriar a temperatura ambiente durante una hora.
- Posteriormente, se sumergió en agua durante un período de  $24 \pm 4$  horas, y después fue retirada del medio líquido.
- Se colocó un trapo absorbente debajo de la muestra y se utilizó una franela para secarla hasta alcanzar la condición de saturación con superficie seca (SSS), registrándose su masa en ese estado.
- La muestra fue colocada dentro de una canastilla para determinar su masa aparente mientras permanecía sumergida en agua, agitando el recipiente para eliminar burbujas de aire.
- Finalmente, la muestra fue secada nuevamente a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante  $24 \pm 4$  horas y se dejó enfriar entre 1 y 3 horas, con el fin de registrar su masa final.

Materiales:

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de confitillo

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.

- Juego de tamices
- Canastilla de alambre de 3.5 mm.
- Horno  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Método realizado para el agregado fino:

- La muestra fue deshidratada en horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  y posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente durante aproximadamente una hora.
- Luego, se sumergió en agua durante un lapso de  $24 \pm 4$  horas, tras lo cual fue retirada cuidadosamente.
- Se eliminó el exceso de agua procurando evitar la pérdida de partículas finas.
- La muestra se colocó sobre una superficie no absorbente a temperatura ambiente hasta alcanzar una condición que permitiera su libre fluidez.
- Se realizó la prueba para verificar la humedad superficial: se colocó un molde con la base más ancha hacia abajo sobre una superficie lisa no absorbente, y se llenó parcialmente con agregado fino suelto hasta alcanzar el ras, acumulando una pequeña cantidad adicional sobre el borde del molde. Luego, se compactó el material con 25 golpes de una barra, aplicando cada golpe aproximadamente 5 mm por encima del nivel del agregado, y ajustando la altura inicial luego de cada impacto para distribuirlos de forma uniforme. Se retiró el exceso de arena alrededor de la base y se levantó el molde verticalmente. Si el agregado mantenía su forma, se consideró que aún tenía humedad superficial; si colapsaba ligeramente, se asumió que estaba en condición de superficie seca, permitiendo continuar con el procedimiento.

- Se procedió a llenar parcialmente una fiola con agua, en la que se introdujeron  $500 \pm 10$  g de agregado fino en condición SSS. Luego se agregó agua hasta alcanzar el 90 % de su capacidad, agitando la fiola para liberar burbujas de aire visibles.
- A continuación, se completó el volumen de agua hasta el nivel de calibración de la fiola.
- Se registró la masa total correspondiente a la fiola, el agua y la muestra de agregado.
- El contenido de la fiola se secó en horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C, se dejó enfriar al aire durante  $1 \pm \frac{1}{2}$  horas y se determinó la masa resultante.
- Finalmente, se midió la masa de la fiola completamente llena de agua para completar los datos del ensayo.

#### Materiales:

- Muestras de agregado fino.

#### Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 g
- Fiola
- Molde y barra compactadora.
- Horno  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

#### D. Contenido de humedad (%): NTP 339.185

##### Método:

- Se registró la masa del recipiente vacío (tara).
- Se pesó el recipiente junto con la muestra en estado húmedo.
- La muestra fue introducida en la estufa y secada durante 24 horas a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C}$ .

- Luego del secado, se pesó la masa del recipiente con la muestra seca.
- Se determinó la cantidad de agua evaporada y la masa de la muestra en estado seco y se calculó el contenido de humedad del material.

**Materiales:**

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de agregado fino.
- Muestras de confitillo

**Equipo**

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Taras
- Horno  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

E. Material más fino que pasa el tamiz N°200: NTP 400.018

**Método:**

- Las muestras fueron secadas previamente durante 24 horas a una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Se determinó la masa de la muestra a ensayar, guiándose según los valores indicados en la tabla de referencia.

**Tabla 3:** *Cantidad mínima de muestra a ensayar*

| T.M.N. del agregado                                              | Cantidad mínima (g) |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 4.75 mm (N°4) o más pequeño                                      | 300                 |
| Mayor que 4.75 mm (N°4) a 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ " )             | 1000                |
| Mayor que 9.5 mm ( $\frac{3}{8}$ " ) a 19 mm ( $\frac{3}{4}$ " ) | 2500                |
| Mayor a 19 mm ( $\frac{3}{4}$ " )                                | 5000                |

*Fuente:* NTP 400.018:2018

- La muestra se colocó en un recipiente y se cubrió con una cantidad adecuada de agua que permitió agitarla, facilitando la separación de las partículas finas.
- El material retenido fue secado sobre los tamices durante 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C, y posteriormente se determinó su masa.

#### Materiales:

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de agregado fino.
- Muestras de agregado confitillo

#### Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 g
- Taras
- Horno  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Tamices (No. 200 y No. 16)

#### F. Ensayo de abrasión: NTP 400.019

##### Método:

- La muestra para ensayar, junto con la carga de acero, se introdujo en la máquina de abrasión “Los Ángeles” y se hizo girar durante 500 revoluciones a una velocidad de 33 rpm.
- Una vez finalizado el ensayo, el material fue descargado y se realizó una separación preliminar utilizando un tamiz con abertura mayor al N° 12.
- La fracción más fina se tamizó empleando el tamiz de 1,70 mm.

- El material retenido más grueso fue lavado con la malla N° 12, posteriormente secado en horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C, y su masa fue registrada con una precisión de 1 gramo.

Materiales:

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de confitillo

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 g
- Tamices
- Máquina de Los ángeles
- Esferas de acero

#### G. Análisis granulométrico de agregado grueso: NTP 400.012

Método:

- Las muestras fueron secadas a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C
- Los tamices, previamente ordenados, se agitaron una vez colocada la muestra.
- El proceso concluyó cuando, después de un minuto de agitación, el material retenido en el tamiz presentó un paso inferior al 1 % en peso.
- El material retenido en cada tamiz y en la cazoleta fue pesado y sus datos fueron registrados y procesados.

Materiales:

- Muestras de agregado grueso.
- Muestras de agregado fino.
- Muestras de confitillo

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Horno  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Juego de tamices.

#### H. Producción y curado de probetas de concreto: NTP 339.183

Método para elaborar la mezcla:

- El concreto se mezcló por tandas con la ayuda de una mezcladora.
- Utilizando un trompo mezclador, se preparó el concreto en tandas calculadas para seis probetas, incluyendo un 10 % adicional como margen.
- Con la mezcla obtenida, se efectuó ensayo de asentamiento correspondiente a un concreto diseñado con un revenimiento de 3" - 4".
- Se midió la temperatura del concreto en cada tanda preparada.

Método para elaborar las probetas:

- Las probetas fueron moldeadas en el mismo sitio donde serían almacenadas posteriormente.
- Los moldes se dispusieron sobre una base firme y nivelada.
- La mezcla de concreto se vertió en tres capas, aplicando 25 golpes de compactación en cada una.
- Una vez consolidado el concreto, se niveló o alisó la superficie según fuera necesario, utilizando una plancha para dar el acabado final.

Procedimiento para elaborar las probetas:

- Las probetas fueron almacenadas adecuadamente.
- Luego de transcurridas  $24 \pm 8$  horas desde el vaciado, se procedió a su desencofrado.



- Posteriormente, las probetas se sumergieron en un recipiente con agua a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C, donde permanecieron en curado hasta alcanzar las edades de 7, 14 y 28 días.

Materiales:

- Agregado grueso.
- Agregado fino.
- Confitillo
- Cemento
- Agua

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 g
  - Trompo
  - Varilla compactadora
  - Moldes cilíndricos.
  - Cono de Abrams
  - Herramientas pequeñas.
  - Martillo de goma
- I. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del concreto: NTP 339.046

Método:

- Se obtuvo la mezcla de concreto en su estado fresco.
- Esta mezcla fue vertida en moldes cilíndricos que sirvieron como recipientes de medición.

- Con las probetas ya formadas, según lo indicado en el ítem (8), y tras limpiar externamente los moldes, se procedió a pesarlas con precisión, descontando el peso del molde para obtener la masa neta.
- Una vez que el concreto alcanzó el endurecimiento, se realizó un nuevo pesaje de cada probeta para determinar su masa final.

#### Materiales:

- Mezcla de concreto

#### Equipo

- Balanza con aproximación de 45 g
- Mazo
- Varilla compactadora
- Moldes cilíndricos
- Herramientas pequeñas
- Cucharón.

- J. Ensayo normalizado para la resistencia a compresión del concreto, en muestras cilíndricas: NTP 339.034

#### Método:

- Las probetas fueron retiradas del cilindro de curado.
- Cada probeta fue colocada en la máquina de ensayo, asegurando que su eje coincidiera con el centro de aplicación de la carga del bloque de compresión.
- Se comprobó que el indicador de carga estuviera en cero antes de iniciar el ensayo.
- La carga fue aplicada de forma continua y sin interrupciones.

- Se ejerció la compresión mientras el indicador de carga disminuía progresivamente y la probeta comenzaba a mostrar signos de fractura.
- Se anotó la carga máxima soportada por probeta durante el ensayo.

Material:

- 30 probetas con el Diseño patrón – 0 % de reemplazo en el agregado grueso
- 30 probetas con la mezcla de 25% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso
- 30 probetas con la mezcla de 50% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso
- 30 probetas con mezcla de 75% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso
- 30 probetas con mezcla de 100% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso

La investigación partió de un diseño patrón de concreto con resistencia  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , correspondiente al 0% de reemplazo de agregado grueso, que, al introducir progresivamente el confitillo con un diámetro de  $3/8"$ , como material sustituto en proporciones de 25%, 50%, 75% y 100%, se espera que la resistencia a la compresión presente variaciones respecto al valor de diseño inicial. De este modo, se busca determinar cómo dichas variaciones influyen en el  $f'_c$  obtenido a 7, 14 y 28 días, estableciendo si el confitillo puede ser considerado un reemplazo parcial o total viable en términos de resistencia a la compresión.

Equipo:

Máquina de compresión uniaxial

### 3.10. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

Con el programa Minitab 19, se realizó el procesamiento con el método ANOVA, útil con la información cuantitativa, y analiza las medias de los diseños estudiados.

Se aplicó el método de Tukey, dado que este permite establecer intervalos de confianza para cada una de las comparaciones por pares entre las medias de los niveles del factor, controlando al mismo tiempo la tasa de error familiar dentro de un nivel previamente definido. (Soporte de Minitab 18, 2022)

Para el ANOVA de un solo factor se utilizaron:

- Gráfica de cajas

La distribución de cada muestra se resume gráficamente utilizando este gráfico, y su funcionamiento es mucho mejor cuando la muestra es mayor a 20 (Soporte de Minitab 18, 2022). La investigación se trabajó con 150 probetas

- Gráfica de valores individuales

Esta gráfica permitió visualizar los valores individuales de cada muestra, lo que facilitó su comparación y la identificación de cada punto, incluyendo posibles datos atípicos representados en los círculos. (Soporte de Minitab 18, 2022)

- Gráfica de intervalo

Esta gráfica de intervalos resultó útil al permitir visualizar la media junto con su intervalo de confianza para cada grupo analizado. En este tipo de representación: Cada punto indica la media de una muestra, y cada barra refleja un intervalo de confianza individual al 95 % asociado a la media de ese grupo.

Los resultados fueron compilados y evaluados utilizando la Guía para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto (ACI 214 RS-11, 2017), ya que esta establece los criterios normativos para el control de concreto con una resistencia especificada  $f'_c \leq 35 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 4:** *Estándares para el control del concreto para  $f'_c \leq 35 \text{ Mpa}$*

| Clase de operación              | Desviación estándar para los diferentes estándares de control, (kg/cm <sup>2</sup> ) |             |             |             |              |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|                                 | Excelente                                                                            | Muy bueno   | Bueno       | Regular     | Malo         |
| Tandas de ensayo de laboratorio | Menor a 14.1                                                                         | 14.1 a 17.6 | 17.6 a 21.1 | 21.1 a 24.6 | Mayor a 24.6 |

*Fuente:* ACI 214-77 (2017)

El trabajo de procesamiento estadístico realizó ANOVA para:

- Resistencia a compresión:

Trabajando con el Factor: resistencia a la compresión y los tratamientos juntos:

Tratamiento I: Diseño patrón – 0 % de reemplazo

Tratamiento II: Mezcla con 25% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso

Tratamiento III: Mezcla con 50% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso

Tratamiento IV: Mezcla con 75% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso

Tratamiento V: Mezcla con 100% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso

Se procesaron los datos por cada edad de ensayo: 7 días, 14 días y 28 días, obteniendo tres análisis ANOVA con 50 probetas por análisis.

El método ANOVA, consideró:

- Hipótesis nula: medias iguales
- Hipótesis alterna: medias diferentes

### 3.11. Resultados estadísticos de la resistencia a compresión

#### 3.11.1. Propiedades físicas de los agregados

**Tabla 5:** Características físicas de los agregados

| CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS       |               |                 |            |
|------------------------------------------------|---------------|-----------------|------------|
| Propiedades                                    | Agregado fino | Agregado grueso | Confitillo |
| % Que pasa malla N° 200                        | 2.300         | 0.300           | 0.600      |
| Abrasión (%)                                   | -             | 26.000          | 33.000     |
| Absorción (%)                                  | 1.400         | 1.300           | 2.000      |
| Contenido de humedad (%)                       | 4.491         | 0.343           | 0.310      |
| Módulo de finura                               | 2.956         | 6.830           | 5.868      |
| Peso específico aparente                       | 2.720         | 2.690           | 2.720      |
| Peso específico de masa                        | 2.620         | 2.610           | 2.580      |
| Peso específico saturado superficialmente seco | 2.650         | 2.640           | 2.630      |
| Peso unitario compactado                       | 1714.000      | 1530.000        | 1396.000   |
| Peso unitario suelto                           | 1592.000      | 1413.000        | 1282.000   |
| Tamaño máximo nominal                          | -             | 3/4"            | 3/8"       |

#### 3.11.2. Resultados de la resistencia a compresión de los tratamientos

**Tabla 6:** Resultados de la resistencia a compresión para el diseño patrón

| Número de probeta | Edad (Días) | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------|---------------------------|
| Probeta 1         | 7           | 184.58                    |
| Probeta 2         | 7           | 171.55                    |
| Probeta 3         | 7           | 177.45                    |
| Probeta 4         | 7           | 172.61                    |
| Probeta 5         | 7           | 169.75                    |
| Probeta 6         | 7           | 184.29                    |
| Probeta 7         | 7           | 188.16                    |
| Probeta 8         | 7           | 181.93                    |
| Probeta 9         | 7           | 185.55                    |

|            |    |        |
|------------|----|--------|
| Probeta 10 | 7  | 180.90 |
| Probeta 11 | 14 | 215.68 |
| Probeta 12 | 14 | 198.54 |
| Probeta 13 | 14 | 216.30 |
| Probeta 14 | 14 | 209.08 |
| Probeta 15 | 14 | 219.37 |
| Probeta 16 | 14 | 207.58 |
| Probeta 17 | 14 | 210.11 |
| Probeta 18 | 14 | 221.13 |
| Probeta 19 | 14 | 212.51 |
| Probeta 20 | 14 | 208.59 |
| Probeta 21 | 28 | 233.74 |
| Probeta 22 | 28 | 244.00 |
| Probeta 23 | 28 | 244.56 |
| Probeta 24 | 28 | 248.80 |
| Probeta 25 | 28 | 237.61 |
| Probeta 26 | 28 | 236.49 |
| Probeta 27 | 28 | 240.67 |
| Probeta 28 | 28 | 238.27 |
| Probeta 29 | 28 | 244.07 |
| Probeta 30 | 28 | 238.89 |

**Tabla 7:** Resultados de la resistencia a compresión para la mezcla con 25% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso

| Número de probeta | Edad (Días) | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------|---------------------------|
| Probeta 1         | 7           | 187.80                    |
| Probeta 2         | 7           | 192.33                    |
| Probeta 3         | 7           | 189.61                    |
| Probeta 4         | 7           | 188.42                    |
| Probeta 5         | 7           | 178.68                    |
| Probeta 6         | 7           | 180.50                    |
| Probeta 7         | 7           | 181.23                    |
| Probeta 8         | 7           | 181.10                    |

|            |    |        |
|------------|----|--------|
| Probeta 9  | 7  | 189.68 |
| Probeta 10 | 7  | 180.58 |
| Probeta 11 | 14 | 217.10 |
| Probeta 12 | 14 | 222.07 |
| Probeta 13 | 14 | 210.66 |
| Probeta 14 | 14 | 221.72 |
| Probeta 15 | 14 | 228.54 |
| Probeta 16 | 14 | 218.38 |
| Probeta 17 | 14 | 210.67 |
| Probeta 18 | 14 | 214.46 |
| Probeta 19 | 14 | 220.60 |
| Probeta 20 | 14 | 230.77 |
| Probeta 21 | 28 | 233.74 |
| Probeta 22 | 28 | 244.00 |
| Probeta 23 | 28 | 244.56 |
| Probeta 24 | 28 | 248.80 |
| Probeta 25 | 28 | 237.61 |
| Probeta 26 | 28 | 236.49 |
| Probeta 27 | 28 | 240.67 |
| Probeta 28 | 28 | 238.27 |
| Probeta 29 | 28 | 244.07 |
| Probeta 30 | 28 | 238.89 |

**Tabla 8:** Resultados de la resistencia a compresión para la mezcla con 50% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso

| Número de probeta | Edad (Días) | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------|---------------------------|
| Probeta 1         | 7           | 193.27                    |
| Probeta 2         | 7           | 174.49                    |
| Probeta 3         | 7           | 190.40                    |
| Probeta 4         | 7           | 186.77                    |
| Probeta 5         | 7           | 190.99                    |
| Probeta 6         | 7           | 188.86                    |
| Probeta 7         | 7           | 200.95                    |



|            |    |        |
|------------|----|--------|
| Probeta 8  | 7  | 192.90 |
| Probeta 9  | 7  | 198.23 |
| Probeta 10 | 7  | 195.87 |
| Probeta 11 | 14 | 246.77 |
| Probeta 12 | 14 | 221.49 |
| Probeta 13 | 14 | 216.02 |
| Probeta 14 | 14 | 208.94 |
| Probeta 15 | 14 | 207.28 |
| Probeta 16 | 14 | 223.15 |
| Probeta 17 | 14 | 248.13 |
| Probeta 18 | 14 | 220.55 |
| Probeta 19 | 14 | 241.04 |
| Probeta 20 | 14 | 228.62 |
| Probeta 21 | 28 | 256.85 |
| Probeta 22 | 28 | 264.99 |
| Probeta 23 | 28 | 271.55 |
| Probeta 24 | 28 | 261.16 |
| Probeta 25 | 28 | 261.63 |
| Probeta 26 | 28 | 253.58 |
| Probeta 27 | 28 | 268.96 |
| Probeta 28 | 28 | 243.85 |
| Probeta 29 | 28 | 268.85 |
| Probeta 30 | 28 | 254.14 |

**Tabla 9:** Resultados de la resistencia a compresión para la mezcla con 75% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso

| Número de probeta | Edad (Días) | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------|---------------------------|
| Probeta 1         | 7           | 204.41                    |
| Probeta 2         | 7           | 196.24                    |
| Probeta 3         | 7           | 200.07                    |
| Probeta 4         | 7           | 195.61                    |
| Probeta 5         | 7           | 203.32                    |

|            |    |        |
|------------|----|--------|
| Probeta 6  | 7  | 205.38 |
| Probeta 7  | 7  | 199.93 |
| Probeta 8  | 7  | 192.91 |
| Probeta 9  | 7  | 185.61 |
| Probeta 10 | 7  | 196.97 |
| Probeta 11 | 14 | 237.51 |
| Probeta 12 | 14 | 226.78 |
| Probeta 13 | 14 | 239.17 |
| Probeta 14 | 14 | 231.76 |
| Probeta 15 | 14 | 235.38 |
| Probeta 16 | 14 | 236.76 |
| Probeta 17 | 14 | 236.24 |
| Probeta 18 | 14 | 241.85 |
| Probeta 19 | 14 | 221.81 |
| Probeta 20 | 14 | 238.82 |
| Probeta 21 | 28 | 263.49 |
| Probeta 22 | 28 | 264.85 |
| Probeta 23 | 28 | 275.35 |
| Probeta 24 | 28 | 258.71 |
| Probeta 25 | 28 | 270.15 |
| Probeta 26 | 28 | 269.66 |
| Probeta 27 | 28 | 263.04 |
| Probeta 28 | 28 | 277.77 |
| Probeta 29 | 28 | 278.50 |
| Probeta 30 | 28 | 266.90 |

**Tabla 10:** Resultados de la resistencia a compresión para la mezcla con 100% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso

| Número de probeta | Edad (Días) | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------|---------------------------|
| Probeta 1         | 7           | 205.43                    |
| Probeta 2         | 7           | 208.20                    |
| Probeta 3         | 7           | 201.11                    |

|            |    |        |
|------------|----|--------|
| Probeta 4  | 7  | 209.59 |
| Probeta 5  | 7  | 194.70 |
| Probeta 6  | 7  | 204.57 |
| Probeta 7  | 7  | 213.58 |
| Probeta 8  | 7  | 204.72 |
| Probeta 9  | 7  | 210.52 |
| Probeta 10 | 7  | 201.63 |
| Probeta 11 | 14 | 252.08 |
| Probeta 12 | 14 | 244.81 |
| Probeta 13 | 14 | 235.60 |
| Probeta 14 | 14 | 238.30 |
| Probeta 15 | 14 | 244.35 |
| Probeta 16 | 14 | 245.73 |
| Probeta 17 | 14 | 242.74 |
| Probeta 18 | 14 | 246.16 |
| Probeta 19 | 14 | 241.40 |
| Probeta 20 | 14 | 243.81 |
| Probeta 21 | 28 | 278.74 |
| Probeta 22 | 28 | 270.75 |
| Probeta 23 | 28 | 280.17 |
| Probeta 24 | 28 | 268.80 |
| Probeta 25 | 28 | 271.20 |
| Probeta 26 | 28 | 281.55 |
| Probeta 27 | 28 | 272.85 |
| Probeta 28 | 28 | 283.26 |
| Probeta 29 | 28 | 284.35 |
| Probeta 30 | 28 | 276.65 |

## 3.11.3. ANOVA de la resistencia a compresión a los 7 días

**Tabla 11:** *Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 7 días*

| <b>Fuente de variabilidad</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados ajustados</b> | <b>Mínimo cuadrado ajustados</b> | <b>Valor F</b> | <b>Valor P</b> |
|-------------------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|
| Tratamiento                   | 4                         | 4176                               | 1044.11                          | 28.14          | 0.000          |
| Error                         | 45                        | 1670                               | 37.11                            |                |                |
| Total                         | 49                        | 5846                               |                                  |                |                |

Si el Valor P (valor de probabilidad) es:

( $0.01 < P < 0.05$ ) hay significación estadística en el ANOVA

( $P < 0.01$ ) hay una alta significación estadística en el ANOVA

( $P > 0.05$ ) no hay diferencia estadística en el ANOVA

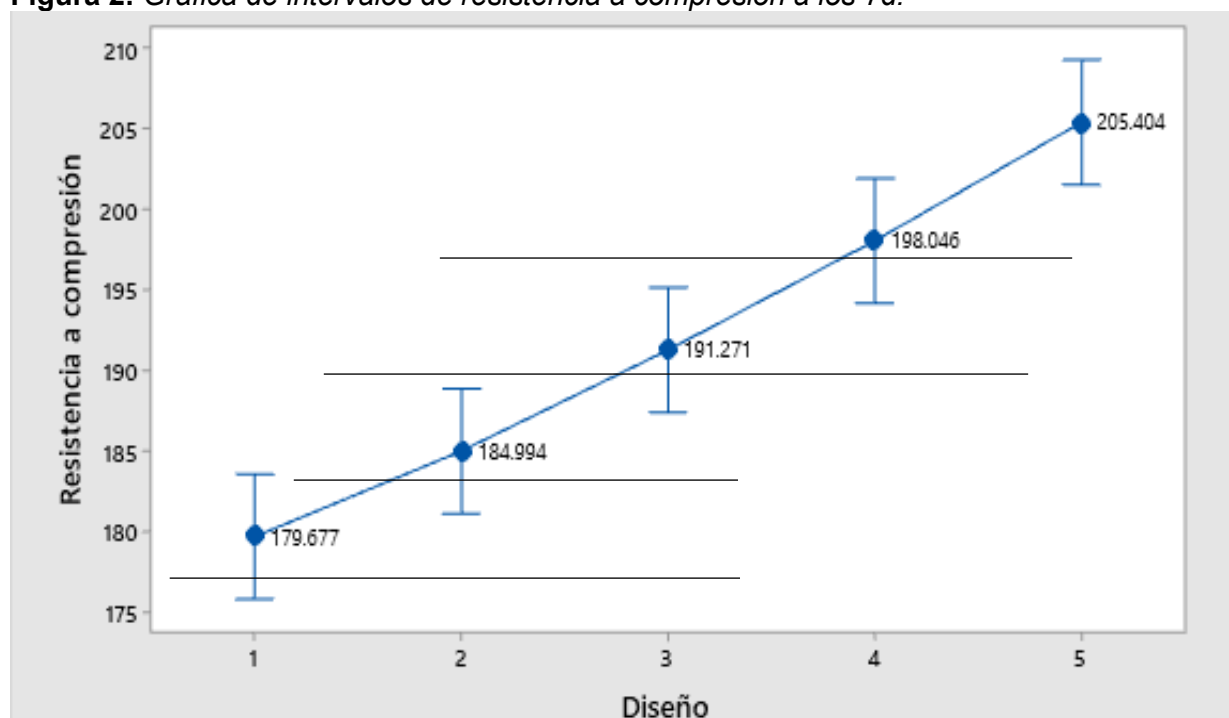
**Tabla 12:** *Medias de la resistencia a compresión a los 7 días*

| <b>Tratamiento</b>                     | <b>No.</b> | <b>Media<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Desv.<br/>Est.</b> | <b>Índice de<br/>confianza al 95%</b> |
|----------------------------------------|------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| Patrón                                 | 10         | 179.68                               | 6.48                  | (175.80; 183.56)                      |
| 25% confitillo en agregado grueso      | 10         | 184.99                               | 5.00                  | (181.11; 188.87)                      |
| 50% confitillo en agregado grueso      | 10         | 191.27                               | 7.29                  | (187.39; 195.15)                      |
| 75% confitillo en agregado grueso      | 10         | 198.05                               | 5.97                  | (194.17; 201.93)                      |
| 100% confitillo en agregado grueso     | 10         | 205.40                               | 5.44                  | (201.52; 209.28)                      |
| Desviación estándar agrupada = 6.09145 |            |                                      |                       |                                       |

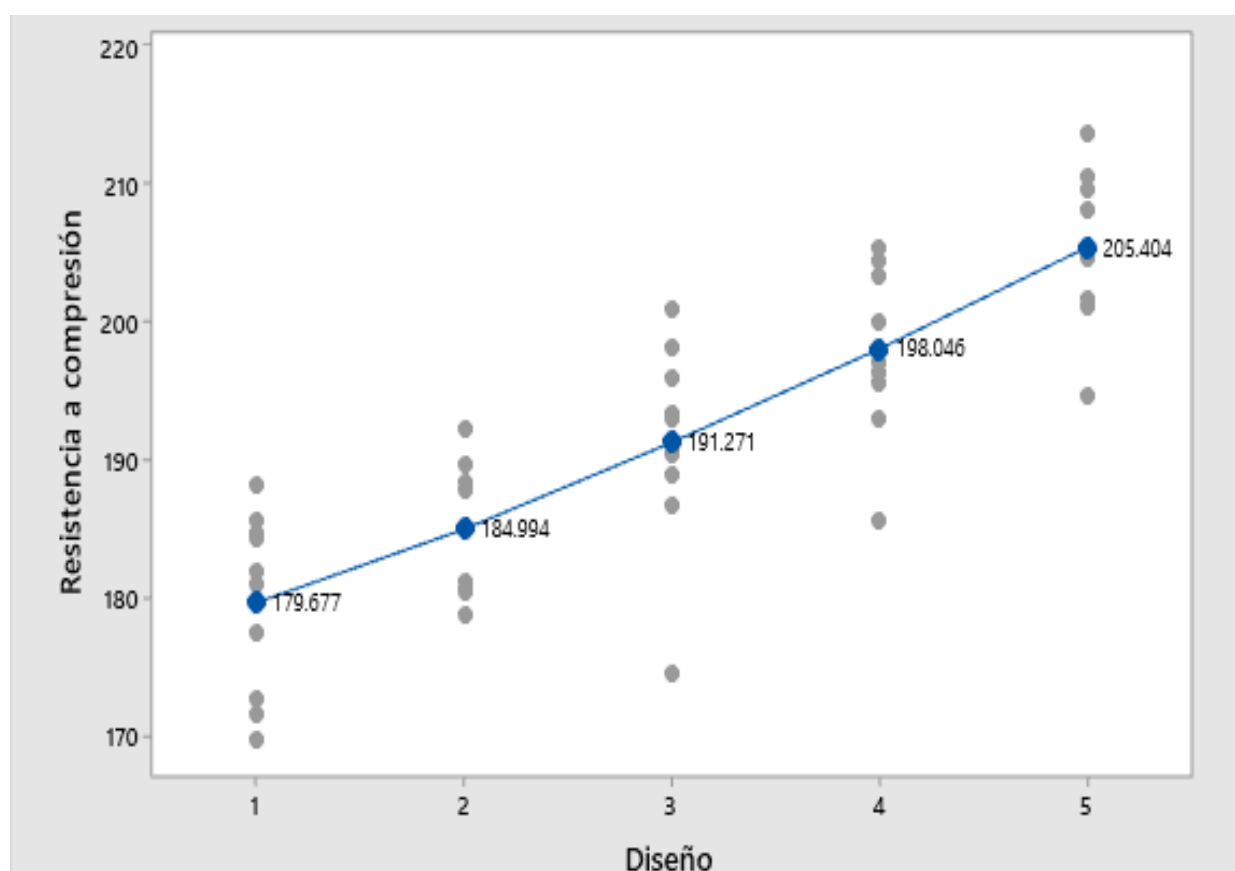
**Tabla 13:** *Información agrupada de la resistencia a compresión, método Tukey*

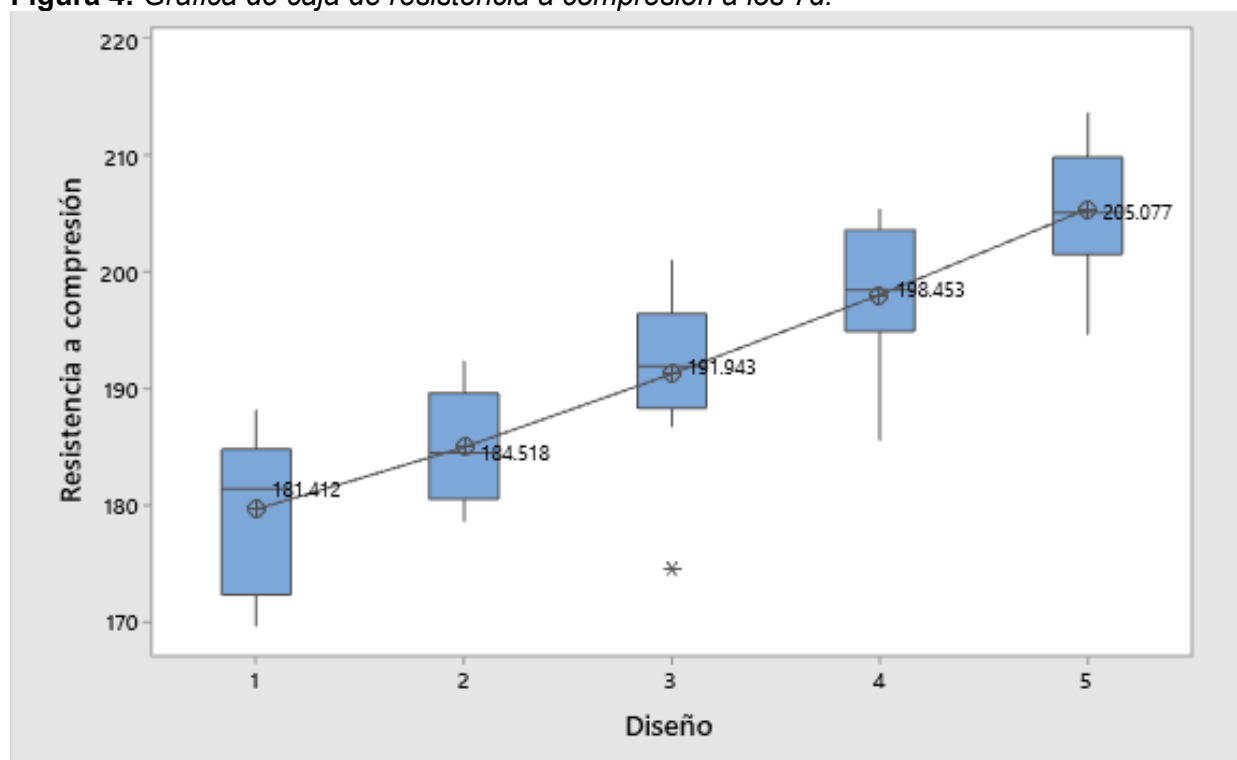
| <b>Tratamiento<br/>(orden de mérito)</b> | <b>No.</b> | <b>Media<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Agrupación</b> |
|------------------------------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|
| 100% Confitillo en AG                    | 10         | 205.40                               | A                 |
| 75% Confitillo en AG                     | 10         | 198.05                               | A B               |
| 50% Confitillo en AG                     | 10         | 191.27                               | B C               |
| 25% Confitillo en AG                     | 10         | 184.99                               | C D               |
| Patrón                                   | 10         | 179.68                               | D                 |

**Figura 2:** Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 7d.



**Figura 3:** Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 7 d.



**Figura 4:** Gráfica de caja de resistencia a compresión a los 7d.

#### 3.11.4. ANOVA de la resistencia a compresión a los 14 días

**Tabla 14:** Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 14 días

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados ajustados | Mínimo cuadrado ajustados | Valor F | Valor P |
|------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|---------|---------|
| Tratamiento            | 4                  | 6153                        | 1538.14                   | 21.10   | 0.000   |
| Error                  | 45                 | 3281                        | 72.90                     |         |         |
| Total                  | 49                 | 9433                        |                           |         |         |

Si el Valor P (valor de probabilidad) es:

( $0.01 < P < 0.05$ ) hay significación estadística en el ANOVA

( $P < 0.01$ ) hay una alta significación estadística en el ANOVA

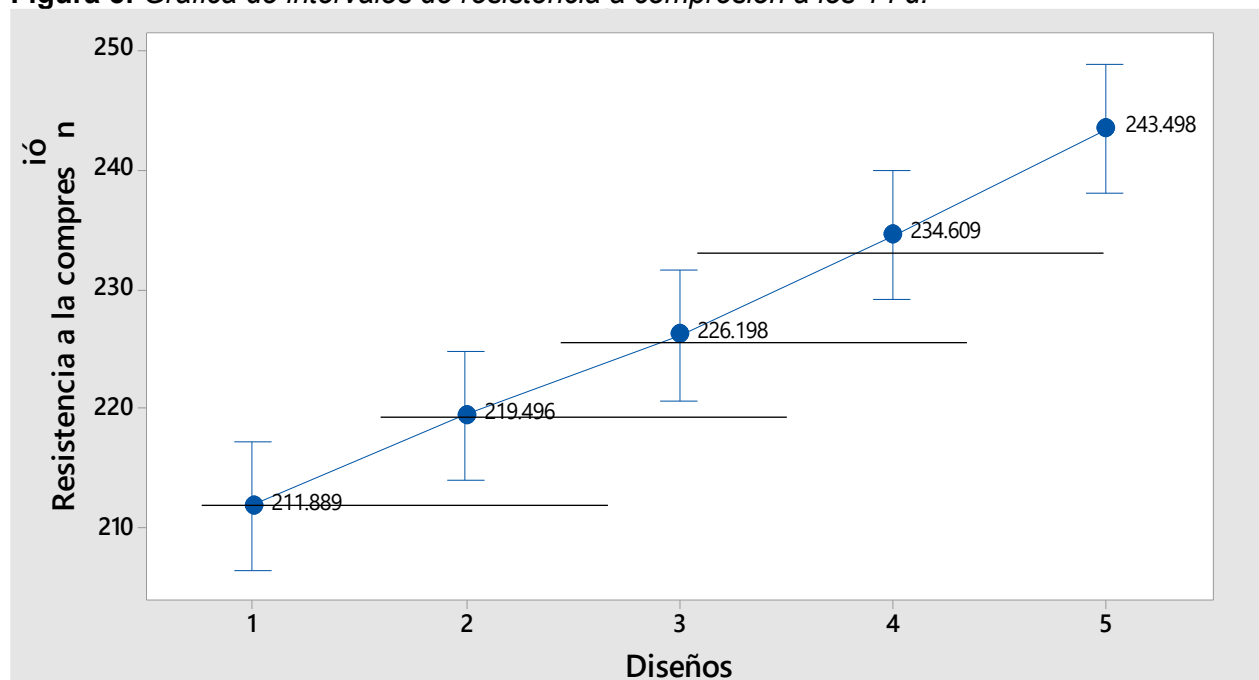
( $P > 0.05$ ) no hay diferencia estadística en el ANOVA

**Tabla 15:** Medias de la resistencia a compresión a los 14 días

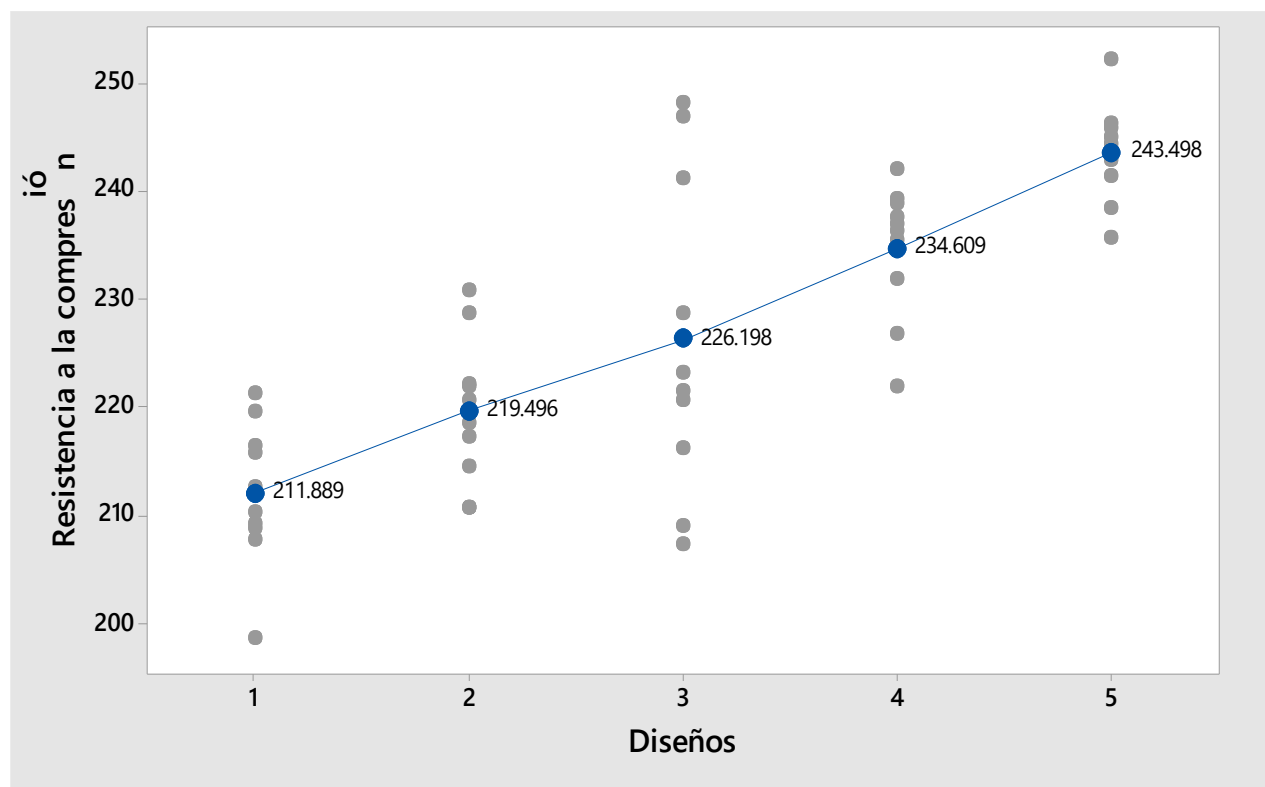
| Tratamiento                            | No. | Media<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Desv.<br>Est. | Índice de<br>confianza al 95% |
|----------------------------------------|-----|--------------------------------|---------------|-------------------------------|
| Patrón                                 | 10  | 211.89                         | 6.62          | (206.45;217.33)               |
| 25% Confitillo en AG                   | 10  | 219.50                         | 6.75          | (214.06;224.93)               |
| 50% Confitillo en AG                   | 10  | 226.20                         | 14.73         | (220.76;231.64)               |
| 75% Confitillo en AG                   | 10  | 234.61                         | 6.15          | (229.17;240.05)               |
| 100% Confitillo en AG                  | 10  | 243.50                         | 4.50          | (238.06;248.94)               |
| Desviación estándar agrupada = 8.53839 |     |                                |               |                               |

**Tabla 16:** Información agrupada de la resistencia a compresión, método Tukey

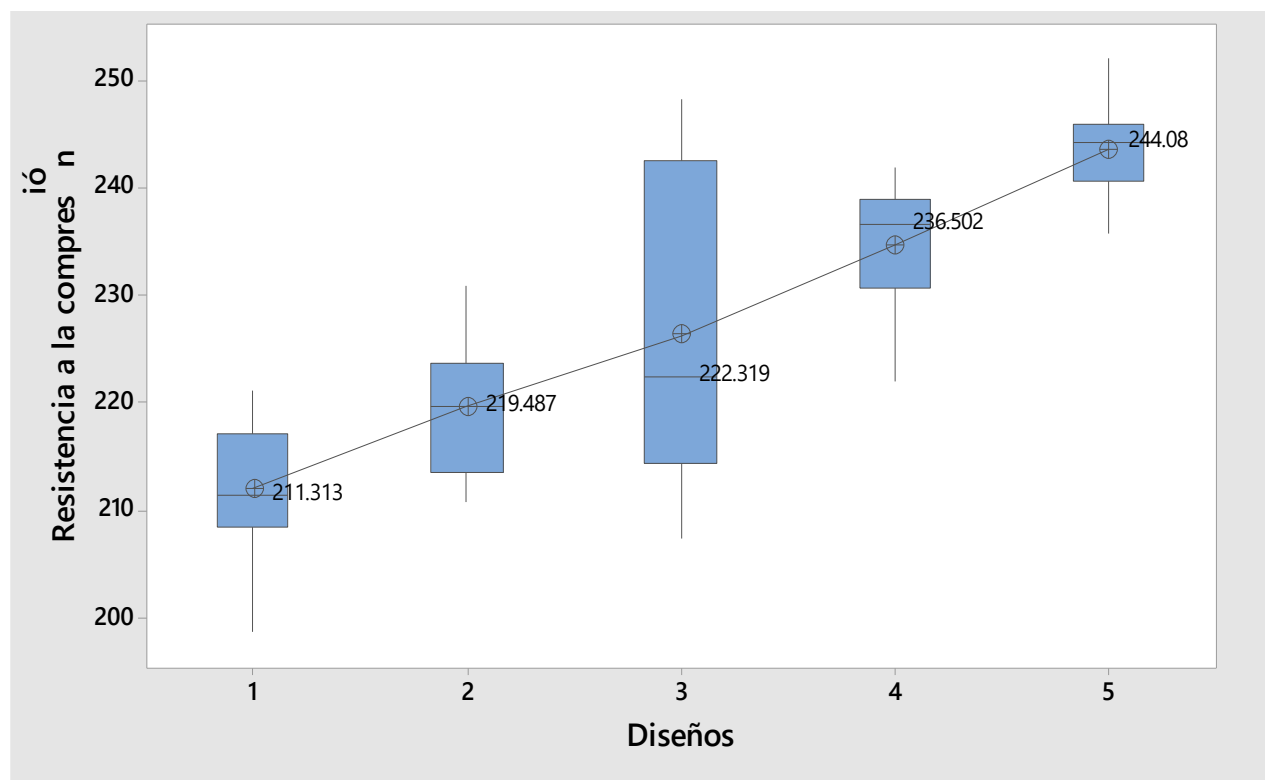
| Tratamiento<br>(orden de mérito) | No. | Media<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Agrupación |
|----------------------------------|-----|--------------------------------|------------|
| 100% Confitillo en AG            | 10  | 243.50                         | A          |
| 75% Confitillo en AG             | 10  | 234.61                         | A B        |
| 50% Confitillo en AG             | 10  | 226.20                         | B C        |
| 25% Confitillo en AG             | 10  | 234.61                         | C D        |
| Patrón                           | 10  | 243.50                         | D          |

**Figura 5:** Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 14 d.

**Figura 6:** Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 14 d.



**Figura 7:** Gráfica de caja de resistencia a compresión a los 14d.





## 3.11.5. ANOVA de la resistencia a compresión a los 28 días

**Tabla 17:** *Análisis de la varianza de la resistencia a compresión a los 28 días*

| <b>Fuente de variabilidad</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Suma de cuadrados ajustadas</b> | <b>Mínimo cuadrado ajustados</b> | <b>Valor F</b> | <b>Valor P</b> |
|-------------------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|
| Tratamiento                   | 4                         | 8543                               | 2135.78                          | 37.89          | 0.000          |
| Error                         | 45                        | 2537                               | 56.37                            |                |                |
| Total                         | 49                        | 11080                              |                                  |                |                |

Si el Valor P (valor de probabilidad) es:

( $0.01 < P < 0.05$ ) hay significación estadística en el ANOVA

( $P < 0.01$ ) hay una alta significación estadística en el ANOVA

( $P > 0.05$ ) no hay diferencia estadística en el ANOVA

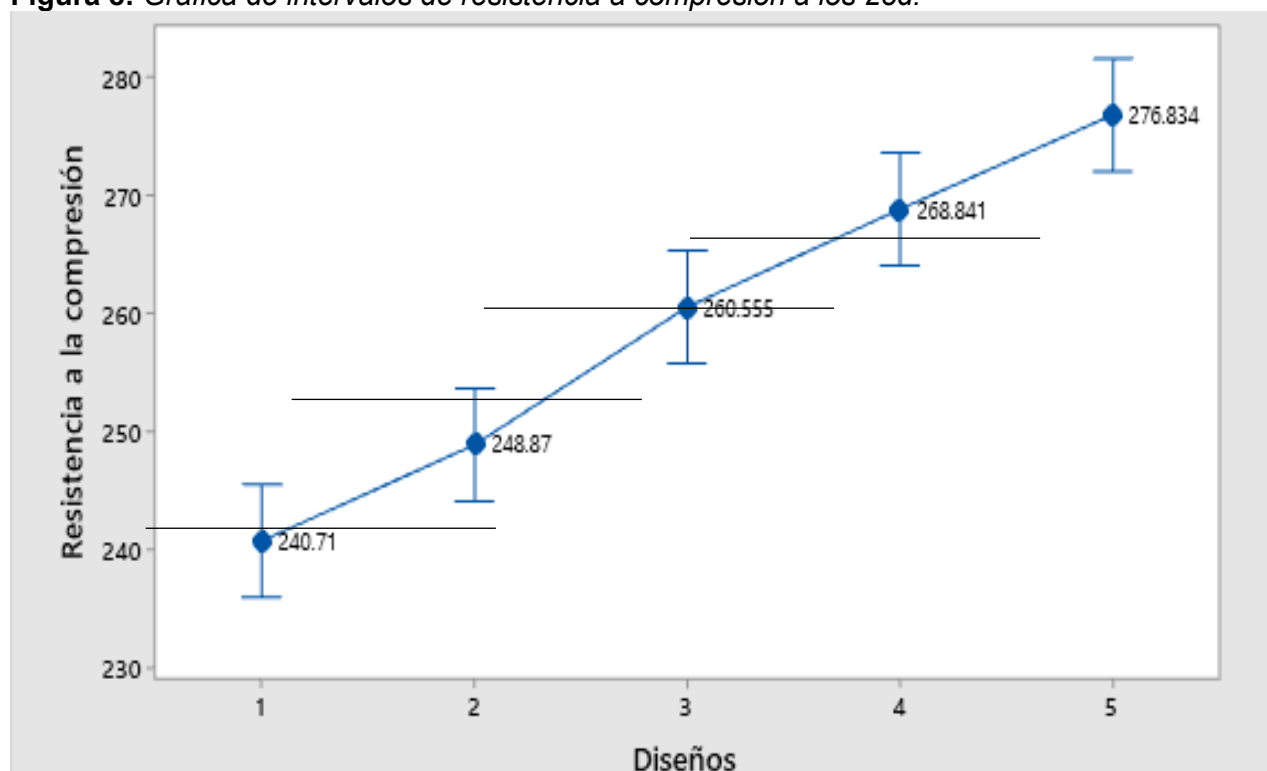
**Tabla 18:** *Medias de la resistencia a compresión a los 28 días*

| <b>Tratamiento</b>                     | <b>No.</b> | <b>Media (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Desv. Est.</b> | <b>Índice de confianza al 95%</b> |
|----------------------------------------|------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Patrón                                 | 10         | 240.71                           | 4.57              | (235.93;245.49)                   |
| 25% Confitillo en AG                   | 10         | 248.87                           | 10.54             | (244.09;253.65)                   |
| 50% Confitillo en AG                   | 10         | 260.55                           | 8.59              | (255.77;265.34)                   |
| 75% Confitillo en AG                   | 10         | 268.44                           | 6.69              | (264.06;273.62)                   |
| 100% Confitillo en AG                  | 10         | 276.83                           | 5.62              | (272.05;281.62)                   |
| Desviación estándar agrupada = 7.50830 |            |                                  |                   |                                   |

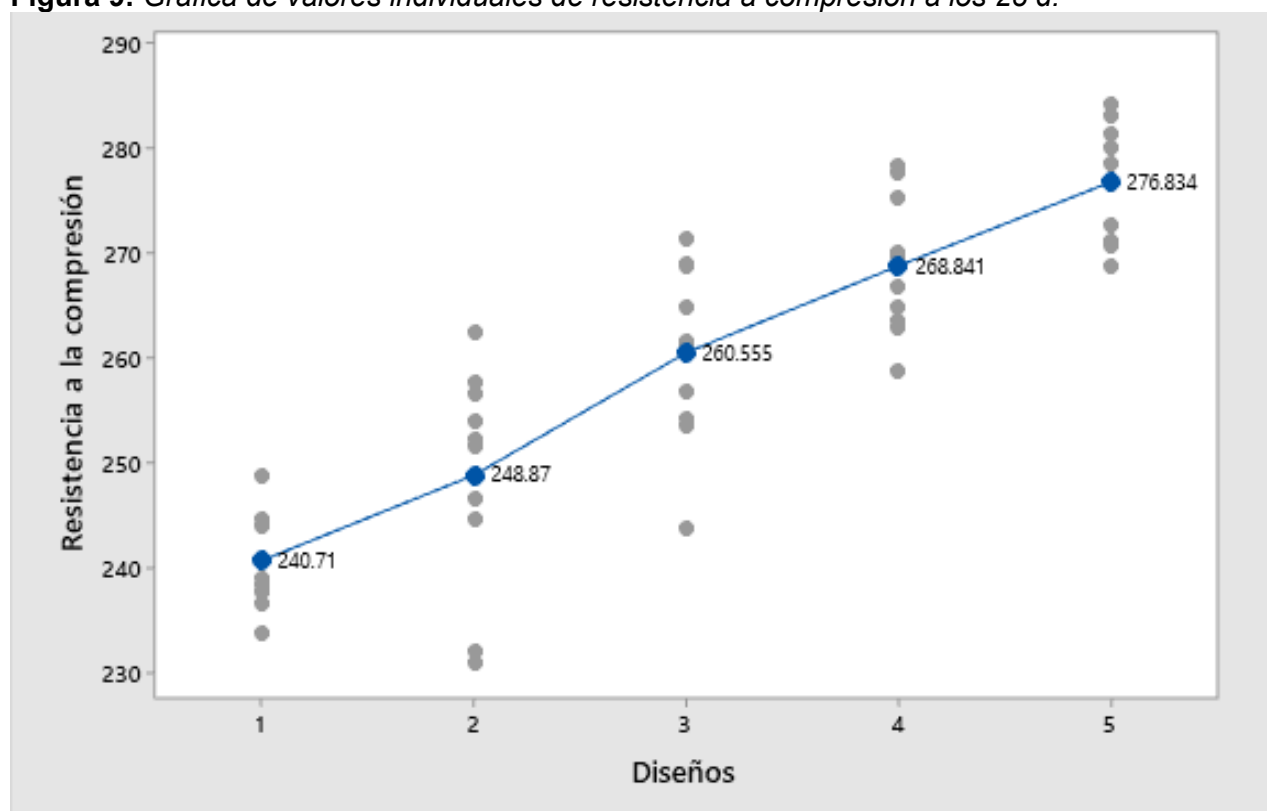
**Tabla 19:** *Información agrupada de la resistencia a compresión, método Tukey*

| <b>Tratamiento (orden de mérito)</b> | <b>No.</b> | <b>Media (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Agrupación</b> |
|--------------------------------------|------------|----------------------------------|-------------------|
| 100% Confitillo en AG                | 10         | 276.83                           | A                 |
| 75% Confitillo en AG                 | 10         | 268.44                           | A B               |
| 50% Confitillo en AG                 | 10         | 260.55                           | B                 |
| 25% Confitillo en AG                 | 10         | 245.19                           | C                 |
| Patrón                               | 10         | 240.71                           | C                 |

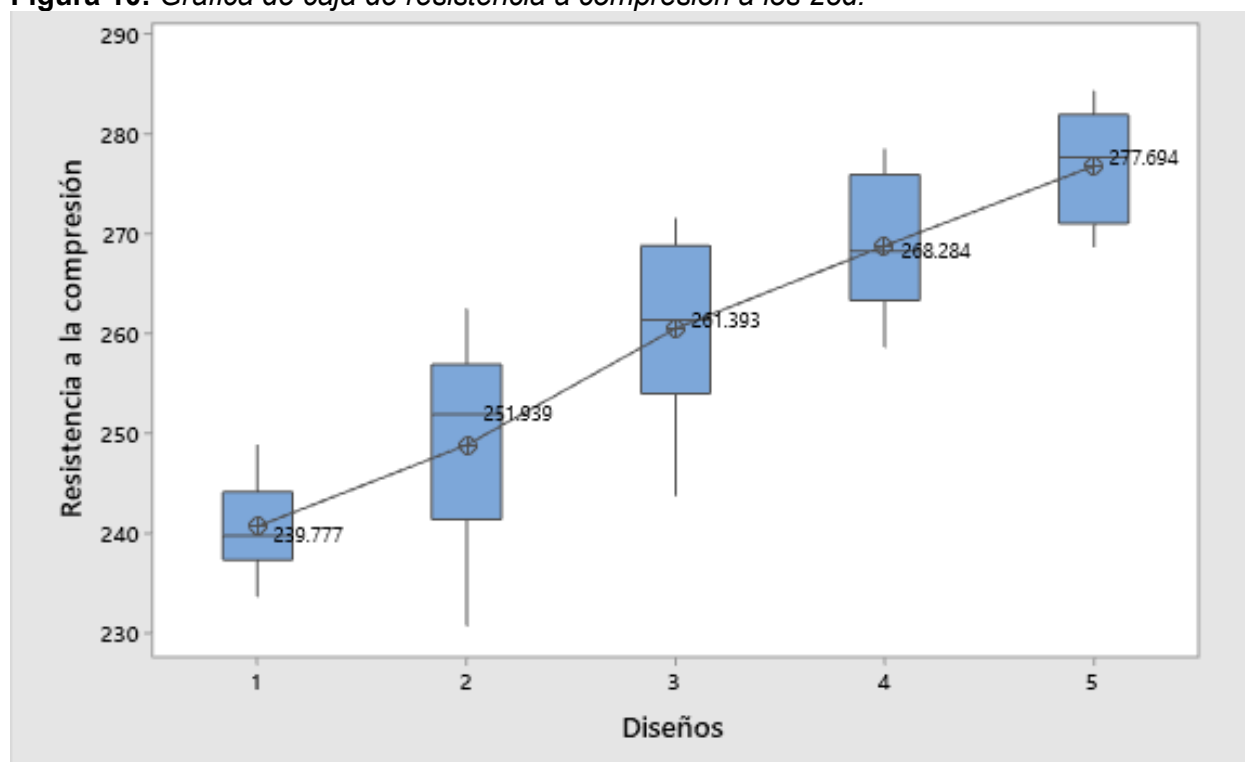
**Figura 8:** Gráfica de intervalos de resistencia a compresión a los 28d.



**Figura 9:** Gráfica de valores individuales de resistencia a compresión a los 28 d.

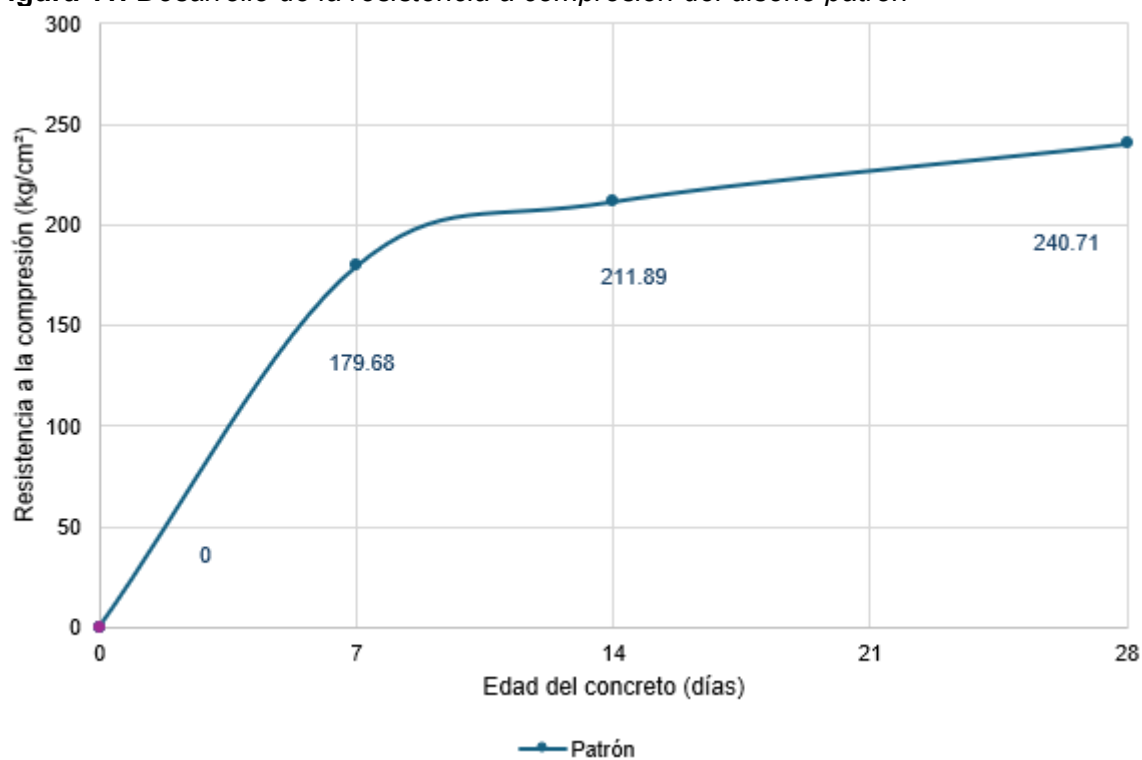


**Figura 10:** Gráfica de caja de resistencia a compresión a los 28d.

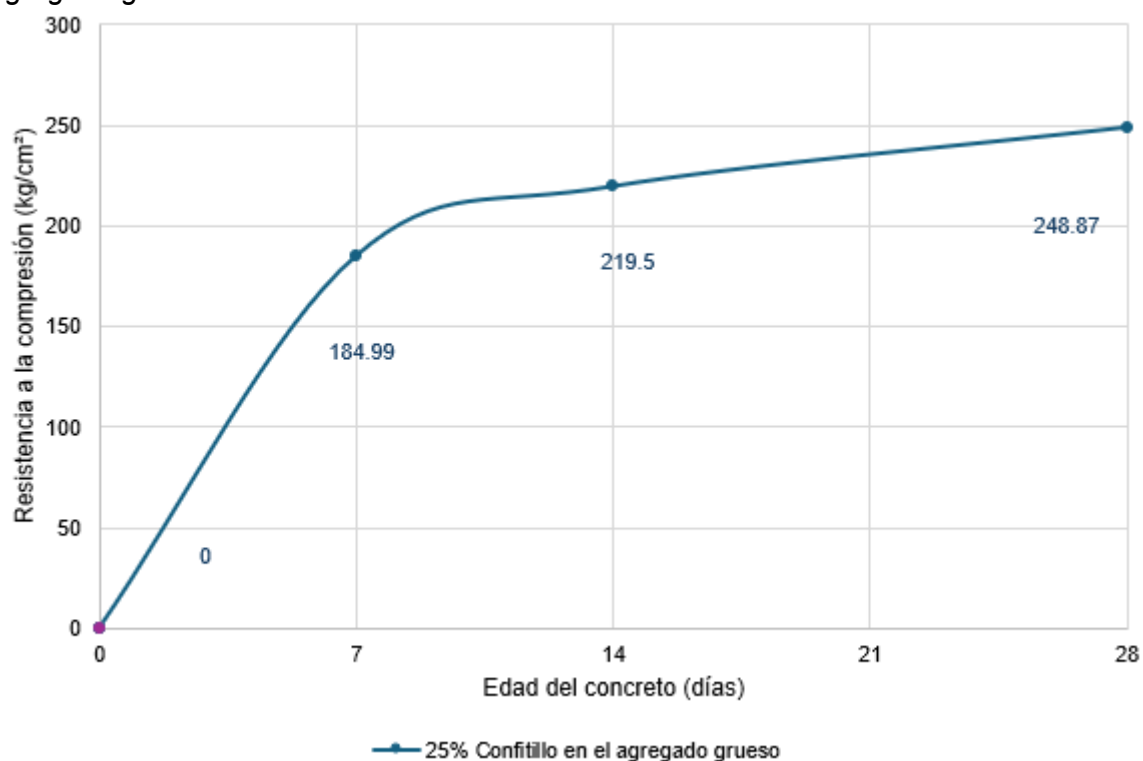


### 3.12. Comparación de los tratamientos en estudio

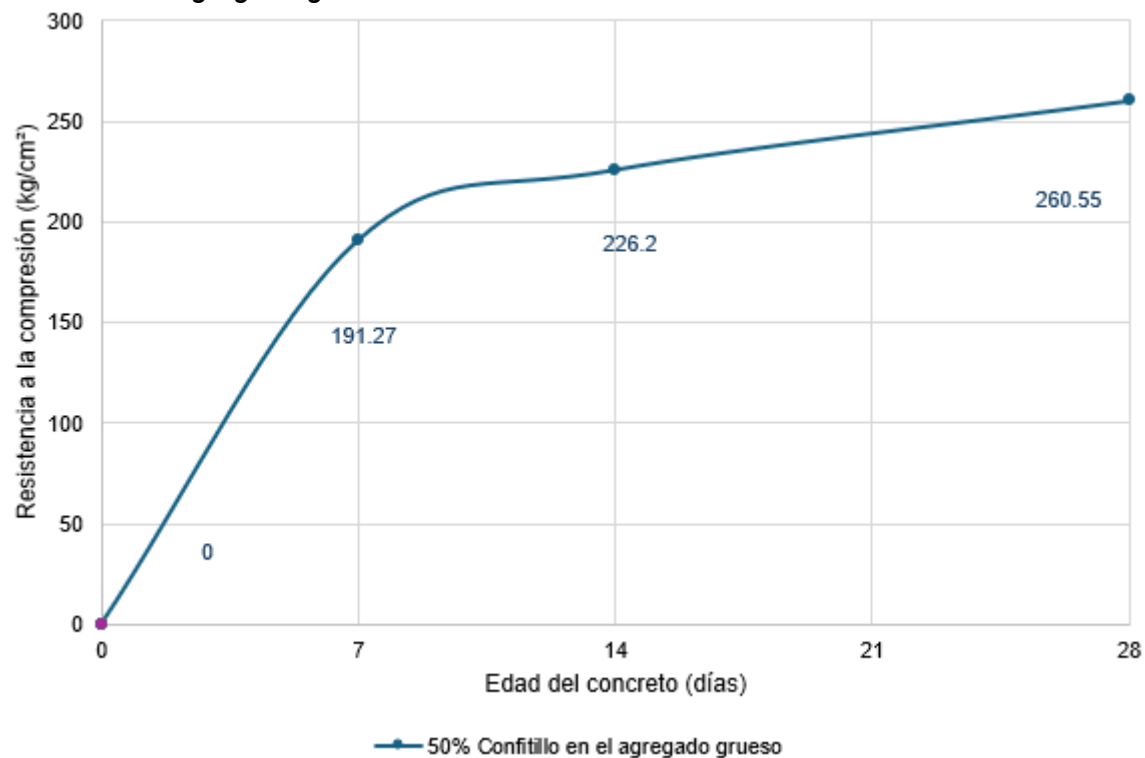
**Figura 11:** Desarrollo de la resistencia a compresión del diseño patrón



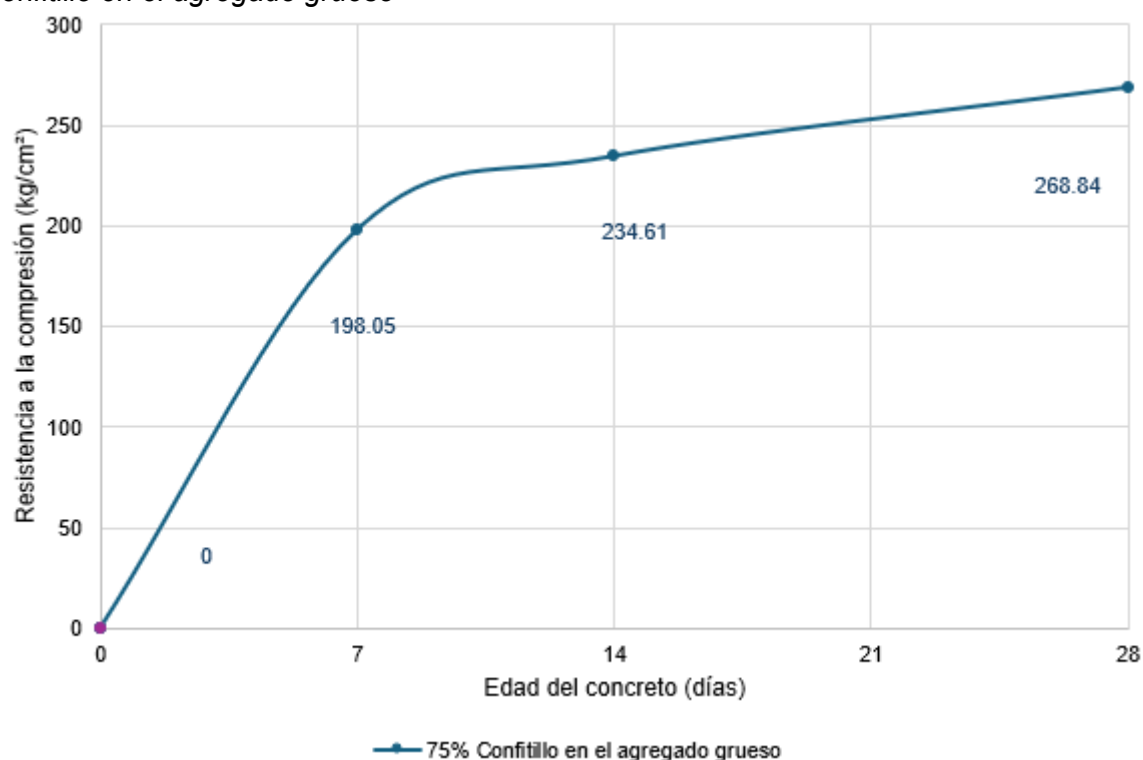
**Figura 12:** Desarrollo de la resistencia a compresión – mezcla con 25% de confitillo en el agregado grueso



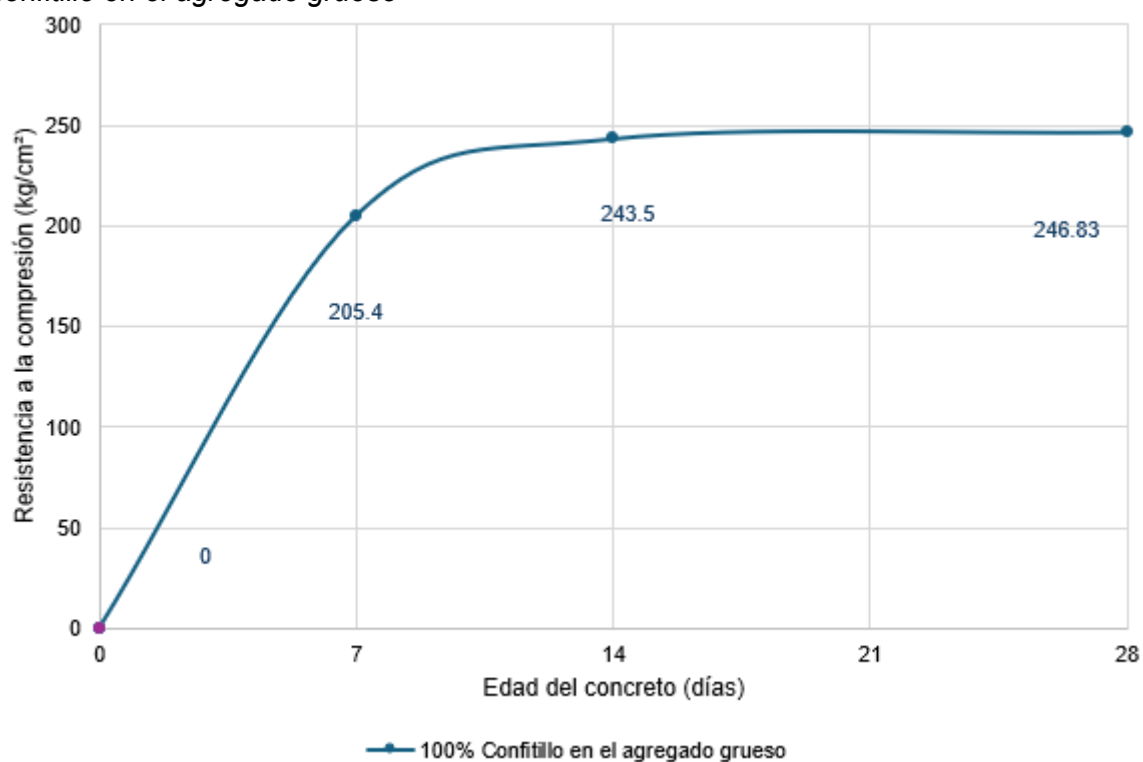
**Figura 13:** Desarrollo de la resistencia a compresión del diseño patrón – mezcla con 50% de confitillo en el agregado grueso



**Figura 14:** Desarrollo de la resistencia a compresión del diseño patrón – mezcla con 75% de confitillo en el agregado grueso



**Figura 15:** Desarrollo de la resistencia a compresión del diseño patrón – mezcla con 100% de confitillo en el agregado grueso



**Tabla 20:** *Variación en la resistencia a compresión según tratamientos a 7d.*

|                             | 1      | 2                 | 3                 | 4                 | 5                  |
|-----------------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Diseño/Mezclas              | Patrón | 25%<br>confitillo | 50%<br>confitillo | 75%<br>confitillo | 100%<br>confitillo |
| Media (kg/cm <sup>2</sup> ) | 179.68 | 184.99            | 191.27            | 198.05            | 205.40             |
| Variación (%)               |        | +2.96             | +6.45             | +10.22            | +14.31             |

(+) Aumento en la resistencia respecto al tratamiento I.

**Tabla 21:** *Variación en la resistencia a compresión según tratamientos a 14d.*

|                             | 1      | 2                 | 3                 | 4                 | 5                  |
|-----------------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Diseño/Mezclas              | Patrón | 25%<br>confitillo | 50%<br>confitillo | 75%<br>confitillo | 100%<br>confitillo |
| Media (kg/cm <sup>2</sup> ) | 211.89 | 219.50            | 226.20            | 234.61            | 243.50             |
| Variación (%)               |        | +3.59             | +6.75             | +10.72            | +14.92             |

(+) Aumento en la resistencia respecto al tratamiento I

**Tabla 22:** *Variación en la resistencia a compresión según tratamientos a 28d.*

|                             | 1      | 2                 | 3                 | 4                 | 5                  |
|-----------------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Diseño/Mezclas              | Patrón | 25%<br>confitillo | 50%<br>confitillo | 75%<br>confitillo | 100%<br>confitillo |
| Media (kg/cm <sup>2</sup> ) | 240.71 | 248.87            | 260.55            | 268.84            | 246.83             |
| Variación (%)               |        | +3.39             | +8.24             | +11.69            | +2.54              |

(+) Aumento en la resistencia respecto al tratamiento I.

**Tabla 23:** *Comparativo de los pesos volumétricos a los 7, 14 y 28 días.*

|         | 1        | 2                 | 3                 | 4                 | 5                  |
|---------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Edad    | Patrón   | 25%<br>confitillo | 50%<br>confitillo | 75%<br>confitillo | 100%<br>confitillo |
| 7 días  | 12618.10 | 12621.00          | 12587.10          | 12541.60          | 12539.20           |
| 14 días | 12521.90 | 1255.70           | 12575.40          | 12340.90          | 12359.50           |
| 28 días | 12604.70 | 12570.40          | 12711.10          | 12620.80          | 12539.20           |

**Tabla 24:** *Materiales usados para el diseño y las mezcla*

|                 | 0% de        | 25% de        | 50% de        | 75% de        | 100% de       |
|-----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| MATERIALES      | reemplazo de | reemplazo     | reemplazo     | reemplazo     | reemplazo     |
|                 | confitillo   | de confitillo | de confitillo | de confitillo | de confitillo |
| Cemento         | 307.60 kg    | 307.60 kg     | 307.60 kg     | 307.60 kg     | 307.60 kg     |
| Agua efectiva   | 186.70 lt    | 186.70 lt     | 186.70 lt     | 186.70 lt     | 186.70 lt     |
| Agregado fino   | 909.00 kg    | 909.00 kg     | 909.00 kg     | 909.00 kg     | 909.00 kg     |
| Agregado grueso | 903.00 kg    | 677.25 kg     | 451.50 kg     | 225.75 kg     | 0.00 kg       |
| Confitillo      | 0.00 kg      | 225.75 kg     | 451.50 kg     | 677.25 kg     | 903.00 kg     |
| Aire total      | 2.00 %       | 2.00 %        | 2.00 %        | 2.00 %        | 2.00 %        |

## CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

#### 4.1.1. Propiedades físicas de los agregados

La **tabla 5** muestra los resultados obtenidos de los ensayos de las propiedades físicas de los agregados resultó fundamental para evaluar la viabilidad del confitillo como material de reemplazo del agregado grueso en el concreto con resistencia de diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . La caracterización granulométrica, el peso específico, la absorción, el contenido de humedad y la forma de las partículas permitió identificar las diferencias físicas entre el agregado convencional y el confitillo, las cuales influyen directamente en el comportamiento mecánico del concreto. Los resultados obtenidos evidenciaron que las variaciones en dichas propiedades afectan la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto conforme aumenta el porcentaje de reemplazo, demostrando la importancia de realizar estos ensayos como etapa previa indispensable para el diseño de mezclas y la evaluación del desempeño estructural del material.

#### 4.1.2. Resumen de la resistencia a compresión de los tratamientos

La **tabla 6, tabla 7, tabla 8, tabla 9 y tabla 10**, muestran los resultados de la resistencia a compresión para los tratamientos en estudios: El diseño patrón – 0% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso, la mezcla con 25% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso, la mezcla con 25% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso, la mezcla con 50% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso, la mezcla con 75% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso y la mezcla con 100% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso



#### 4.1.3. Resistencia a compresión a los 7 días

La **tabla 11** muestra el valor P 0.000, significando que se acepta la hipótesis alternativa. Por lo que, los tratamientos tuvieron un efecto significativo en la resistencia a compresión a los 7 días

Respecto a la **tabla 12** y la **tabla 4**, que muestran las desviaciones estándar de tratamientos y de control respectivamente, se tiene:

El diseño Patrón y las mezclas de 25% Confitillo en el agregado grueso, 50% Confitillo en el agregado grueso, 75% Confitillo en el agregado grueso y 100% Confitillo en el agregado grueso, las desviaciones estándar son 6.48, 5.00, 7.29, 5.97 y 5.44 respectivamente, datos que se encuentran dentro del rango de “< a 14.1”, siendo los resultados Excelentes

Con la **tabla 13** y la **figura 2**, se determinó que las diferencias de medias entre los tratamientos son:

El grupo A se conforma por la mezcla 100% Confitillo en el agregado grueso y 75% Confitillo en el agregado grueso, con una media de 205.40 kg/cm<sup>2</sup> y 198.05 kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

El grupo B se conforma por la mezcla 75% Confitillo en el agregado grueso y 50% Confitillo en el agregado grueso, con una media de 198.05 kg/cm<sup>2</sup> y 191.27 kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

El grupo C se conforma por la mezcla 50% Confitillo en el agregado grueso y 25% Confitillo en el agregado grueso, con una media de 191.27 kg/cm<sup>2</sup> y 184.99

kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

El grupo D se conforma por la mezcla 25% Confitillo en el agregado grueso y Patrón, con una media de 184.99 kg/cm<sup>2</sup> y 179.68 kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

Para verificar que las medias no son significativamente diferentes se dibujaron líneas negras en la **figura 3**, donde se aprecian que los tratamientos se interceptan

Comparando la **figura 4** y **figura 5**, de los tratamientos se encontró:

**Patrón:** como la media 179 < mediana 181, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 12.48

**25% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 184.99 > mediana 184.52, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 9.06

**50% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 191.27 < mediana 191.94, la distribución es asimétrica negativa; y rango intercuartil de 8.11

**75% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 198.05 < mediana 198.45, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 8.66

**100% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 205.40 < mediana 205.07, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 8.32

Dado que todos los tratamientos tienen distribución asimétrica y muestras pequeñas, se verificó herramientas como la mediana y el rango intercuartílico:

Como la variable medida implica que valores más altos son deseables, el aumento en la mediana de **100% Confitillo en el agregado grueso** tiene mejores resultados.

#### 4.1.4. Resistencia a compresión a los 14 días

La **tabla 14** muestra el valor P 0.000, significando que se acepta la hipótesis alternativa. Por lo que, los tratamientos tuvieron un efecto significativo en la resistencia a compresión a los 7 días

Respecto a la **tabla 15** y la **tabla 4**, que muestran las desviaciones estándar de tratamientos y de control respectivamente, se tiene:

El diseño Patrón y las mezclas de 25% Confitillo en el agregado grueso, 75% Confitillo en el agregado grueso y 100% Confitillo en el agregado grueso, las desviaciones estándar son 6.62, 6.75, 6.15 y 4.50 respectivamente, datos que se encuentran dentro del rango de “< a 14.1”, siendo los resultados Excelentes

La mezcla 50% Confitillo en el agregado grueso, tiene la desviación estándar de 14.73, datos que se encuentran dentro del rango de “14.1 a 17.6”, siendo el resultado Muy bueno

Con la **tabla 16** y la **figura 6**, se determinó que las diferencias de medias entre los tratamientos son:

El grupo A se conforma por la mezcla 100% Confitillo en el agregado grueso y 75% Confitillo en el agregado grueso, con una media de 243.50 kg/cm<sup>2</sup> y 234.61 kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

El grupo B se conforma por la mezcla 75% Confitillo en el agregado grueso y 50% Confitillo en el agregado grueso, con una media de 234.61 kg/cm<sup>2</sup> y 226.20

kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

El grupo C se conforma por la mezcla 50% Confitillo en el agregado grueso y 25% Confitillo en el agregado grueso, con una media de 226.20 kg/cm<sup>2</sup> y 234.61 kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

El grupo D se conforma por la mezcla 25% Confitillo en el agregado grueso y Patrón, con una media de 234.61 kg/cm<sup>2</sup> y 243.50 kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

Para verificar que las medias no son significativamente diferentes se dibujaron líneas negras en la **figura 5**, donde se aprecian que los tratamientos se interceptan

Comparando la **figura 6** y **figura 7**, de los tratamientos se encontró:

**Patrón:** como la media 211.89 > mediana 211.31, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 8.73

**25% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 219.49 > mediana 219.48, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 10.17

**50% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 226.19 > mediana 222.31, la distribución es asimétrica positiva; y rango intercuartil de 28.22

**75% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 234.60 < mediana 236.50, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 8.39

**100% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 243.49 < mediana 244.08, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 5.21

Dado que todos los tratamientos tienen distribución asimétrica y muestras pequeñas, se verificó herramientas como la mediana y el rango intercuartílico:

Como la variable medida implica que valores más altos son deseables, el aumento en la mediana de **100% Confitillo en el agregado grueso** tiene mejores resultados.

#### 4.1.5. Resistencia a compresión a los 28 días

La **tabla 17** muestra el valor P 0.000, significando que se acepta la hipótesis alternativa. Por lo que, los tratamientos tuvieron un efecto significativo en la resistencia a compresión a los 7 días

Respecto a la **tabla 18** y la **tabla 4**, que muestran las desviaciones estándar de tratamientos y de control respectivamente, se tiene:

El diseño Patrón y las mezclas de 25% Confitillo en el agregado grueso, 50% Confitillo en el agregado grueso, 75% Confitillo en el agregado grueso y 100% Confitillo en el agregado grueso, las desviaciones estándar son 4.57, 10.54, 8.59, 6.69 y 5.62 respectivamente, datos que se encuentran dentro del rango de “< a 14.1”, siendo los resultados Excelentes

Con la **tabla 19** y la **figura 8**, se determinó que las diferencias de medias entre los tratamientos son:

El grupo A se conforma por la mezcla 100% Confitillo en el agregado grueso y 75% Confitillo en el agregado grueso, con una media de 276.83 kg/cm<sup>2</sup> y 268.44 kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

El grupo B se conforma por la mezcla 75% Confitillo en el agregado grueso y 50% Confitillo en el agregado grueso, con una media de 268.44 kg/cm<sup>2</sup> y 260.55

kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

El grupo C se conforma por la mezcla 25% Confitillo en el agregado grueso y Patrón, con una media de 245.19 kg/cm<sup>2</sup> y 240.71 kg/cm<sup>2</sup>, como comparten grupo, estas medias no son significativamente diferentes.

Para verificar que las medias no son significativamente diferentes se dibujaron líneas negras en la **figura 8**, donde se aprecian que los tratamientos se interceptan

Comparando la **figura 9** y **figura 10**, de los tratamientos se encontró:

**Patrón:** como la media 240.71 < mediana 239.77, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 6.86

**25% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 248.87 > mediana 251.93, la distribución es asimétrica positiva; y su rango intercuartil de 15.5

**50% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 260.55 > mediana 261.39, la distribución es asimétrica positiva; y rango intercuartil de 14.87

**75% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 276.83 < mediana 277.69, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 12.57

**100% Confitillo en el agregado grueso:** como la media 205.40 < mediana 205.07, la distribución es asimétrica negativa; y su rango intercuartil de 10.88

Dado que todos los tratamientos tienen distribución asimétrica y muestras pequeñas, se verificó herramientas como la mediana y el rango intercuartílico:

Como la variable medida implica que valores más altos son deseables, el aumento en la mediana de **100% Confitillo en el agregado grueso** tiene mejores resultados.

#### 4.1.6. Variación del desarrollo a compresión de tratamientos estudiados

Los resultados de la **figura 11, figura 12, figura 13, figura 14 y figura 15** que muestran las medias de los tratamientos, se analiza que:

A los 7 días, el valor de los ensayos de resistencia a compresión debe ser el 70% del  $f'c = 147 \text{ kg/cm}^2$ , como se aprecia en la gráfica, el mínimo valor lo tiene el tratamiento de 25% Confitillo en el agregado grueso con  $f'c = 184.99 \text{ kg/cm}^2$  y el mayor valor lo tiene el tratamiento de 100% Confitillo en el agregado grueso con  $f'c = 205.40 \text{ kg/cm}^2$ .

A los 14 días, el valor de los ensayos de resistencia a compresión debe ser el 90% del  $f'c = 189 \text{ kg/cm}^2$ , según la gráfica, el mínimo valor lo tiene la mezcla de 25% Confitillo en el agregado grueso con  $f'c = 219.50 \text{ kg/cm}^2$  y el mayor valor lo tiene el tratamiento de 100% Confitillo en el agregado grueso con  $f'c = 243.50 \text{ kg/cm}^2$ .

A los 28 días, el valor de los ensayos de resistencia a compresión debe ser el 100% del  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , según la gráfica, el mínimo valor lo tiene la mezcla de 25% Confitillo en el agregado grueso con  $f'c = 248.87 \text{ kg/cm}^2$  y el mayor valor lo tiene la mezcla de 100% Confitillo en el agregado grueso con  $f'c = 268.84 \text{ kg/cm}^2$ .

La **tabla 20**, muestra que respecto al Diseño patrón, hubo variación en la Resistencia a compresión, en las mezclas de reemplazo con 25% Confitillo en el agregado grueso, 50% Confitillo en el agregado grueso, 75% Confitillo en el

agregado grueso y 100% Confitillo en el agregado grueso, hubo un aumento de 2.96%, 6.45%, 10.22% y 14.31% respectivamente a la edad de 7 días.

La **tabla 21**, muestra que respecto al Diseño patrón, hubo variación en la Resistencia a compresión, en las mezclas de reemplazo con 25% Confitillo en el agregado grueso, 50% Confitillo en el agregado grueso, 75% Confitillo en el agregado grueso y 100% Confitillo en el agregado grueso, hubo un aumento de 3.59%, 6.75%, 10.72% y 14.92% respectivamente a la edad de 14 días.

La **tabla 22**, muestra que respecto al Diseño patrón, hubo variación en la Resistencia a compresión, en las mezclas de reemplazo con 25% Confitillo en el agregado grueso, 50% Confitillo en el agregado grueso, 75% Confitillo en el agregado grueso y 100% Confitillo en el agregado grueso, hubo un aumento de 3.39%, 8.24%, 11.69% y 2.54% respectivamente a la edad de 28 días.

La **tabla 23**, la mezcla con 100% Confitillo en el agregado grueso tuvo el menor peso volumétrico a los 7, 14 y 28 días de ensayo, y la mezcla con 50% Confitillo en el agregado grueso tuvo el mayor peso volumétrico a los 7, 14 y 28 días. Según el peso, se trata para todos los diseños de un concreto normal

La **tabla 24** muestra un cuadro comparativo que detalla las cantidades de materiales empleadas en el diseño patrón y en las mezclas con reemplazo del agregado grueso por confitillo en proporciones de 25 %, 50 %, 75 % y 100 %. Esta comparación facilitó la verificación de la dosificación de cada tratamiento, asegurando la consistencia en la preparación de las mezclas y la correcta aplicación de los porcentajes de reemplazo establecidos. Asimismo, el cuadro constituye una herramienta fundamental para la trazabilidad de los ensayos, y el análisis comparativo de los resultados de resistencia a la compresión, contribuyendo a la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en la tesis.



#### 4.1.7. Contrastación de la hipótesis

Se rechaza la hipótesis “La variación de la resistencia a compresión de un concreto de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , al reemplazar un 25%, 50%, 75%, 100% de confitillo en el agregado grueso, aumentará en más del 5%”, ya que, a los 28 días, los diseños 2 y 5, solo aumentaron en 3.39% y 2.54%, mientras que los diseños 3 y 4, aumentaron en 8.24% y 11.69%

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

La resistencia a compresión del concreto de  $f'_c$ (de diseño) = 210 kg/cm<sup>2</sup>, al reemplazar un 25%, 50%, 75% y 100% de confitillo en el agregado grueso aumentó en 3.39%; 8.24%; 2.54% y 11.69% respectivamente, utilizando agregados de la cantera La Victoria en Cajamarca.

Se determinó la variación de la resistencia a compresión que tiene el concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al reemplazar agregado grueso en un 25% Confitillo en el agregado grueso, la cual aumentó en 2.96%, 3.59% y 3.39% a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Se determinó la variación de la resistencia a compresión que tiene el concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al reemplazar agregado grueso en un 50% Confitillo en el agregado grueso, la cual aumentó en 6.45%, 6.75% y 8.24% a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Se determinó la variación de la resistencia a compresión que tiene el concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al reemplazar agregado grueso en un 75% Confitillo en el agregado grueso, la cual aumentó en 10.22%, 10.72% y 11.69% a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

Se determinó la variación de la resistencia a compresión que tiene el concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> al reemplazar agregado grueso en un 100% Confitillo en el agregado grueso, la cual aumentó en 14.31%, 14.92% y 2.54% a los 7, 14 y 28 días respectivamente, respecto al tratamiento patrón.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda realizar estudios de durabilidad para el concreto.
- Se recomienda realizar análisis químicos de los agregados y del confitillo.
- Se recomienda que la aplicación de la presente investigación sea previamente evaluada según el tipo y procedencia de la cantera, debido a que las propiedades del agregado pueden variar significativamente e influir en el comportamiento final del concreto.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACI Committee 308. 2001. Guide to curing concrete. America Concrete Institute, Farmington Hills, MI. s
- ASTM International. (2020). ASTM C33/C33M-18 (2020): Standard Specification for Concrete Aggregates. ASTM International. [https://doi.org/10.1520/C0033\\_C0033M-18](https://doi.org/10.1520/C0033_C0033M-18)
- Delgado, V (2019). Evaluación del confitillo de la piedra chancada como material de agregado y su influencia en la durabilidad y resistencia del concreto. [tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio Institucional UAP <https://hdl.handle.net/20.500.12990/9615>
- Granda, C (2023, 3 de agosto). *Impacto ambiental en la construcción*. <https://n9.cl/jdgyu>
- INACAL. (2020, 07 de diciembre). NTP 334.090:2020 CEMENTOS. Cementos hidráulicos adicionados. Requisitos. Lima, Perú.
- INACAL. (2020, 26 de noviembre) NTP 400.019:2014 (revisada el 2019) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Lima, Perú.
- INACAL. (2019, 28 de junio). NTP 339.088:2014 CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 30 de enero). NTP 400.037:2018 AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos. Lima, Perú.

- INACAL. (2018, 27 de junio). NTP 400.021:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 27 de junio). NTP 400.012:2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 13 de julio). NTP 339.183:2013 CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 26 de diciembre). NTP 339.046:2013 Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 12 de diciembre). NTP 400.018:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en agregados. Lima, Perú.
- INACAL. (2018, 27 de junio). NTP 339.185:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados pro secado. Lima, Perú.
- INACAL. (2016, 02 de agosto). NTP 400.017:2011 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. Lima, Perú.
- INACAL. (2015, 22 de diciembre). NTP 339.034:2015 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Lima, Perú.
- Kosmatka, S. H., Wilson, M. L., y Lamond, J. F. (2020). Design and Control of Concrete Mixtures (17th ed.). Portland Cement Association.

- Liu, C., Wang, Y., Gao, X., Zhang, G., Liu, H., Ma, C., Sun, J., & Lai, J. (2022). Review of the Strengthening Methods and Mechanical Properties of Recycled Aggregate Concrete (RAC). *Crystals*, 12(9), artículo 1321.
- Moreno, J, Ponce, C y Guerra, G (2024). Análisis de resistencia a compresión de concreto con sustitución parcial de agregado grueso por concreto reciclado triturado y plastificante. *Ciencia Latina*, 8(6).  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i6.15673](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15673)
- Mehta, P. K., y Monteiro, P. J. M. (2020). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mindess, S., Young, J. F., y Darwin, D. (2021). *Concrete* (3rd ed.). Pearson Education.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2021). *Concrete Technology* (2nd ed.). Pearson Education.
- SENCICO. (2020). Norma E.060 Concreto Armado. Lima, Perú.
- Taylor, H. F. W., y Hewlett, P. C. (2020). *Lea's Chemistry of Cement and Concrete* (5th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Torres, J., & Salazar, L. (2020). Uso de agregados no convencionales en el diseño de mezclas de concreto en obras de pequeña escala. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 38(2), 45–56.

## APÉNDICES I: FICHAS DE TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

### - Tratamiento I: DISEÑO PATRÓN – 0 % DE REEMPLAZO

| Edad de ensayo 7 días   |        |        | DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 1: PATRÓN – 0 % DE REEMPLAZO |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------|--------|--------|-----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Número de Probeta       | 1      | 2      | 3                                                         | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| Ø promedio (cm)         | 15.06  | 15.07  | 15.12                                                     | 15.16  | 15.16  | 15.15  | 15.17  | 15.15  | 15.12  | 15.09  |
| Área (cm²)              | 178.01 | 178.37 | 179.43                                                    | 180.50 | 180.50 | 180.15 | 180.74 | 180.15 | 179.43 | 178.72 |
| Peso (g)                | 12653  | 12654  | 12649                                                     | 12631  | 12514  | 12637  | 12541  | 12683  | 12582  | 12637  |
| Carga Última (kN)       | 322.22 | 300.08 | 312.25                                                    | 305.54 | 300.48 | 325.58 | 333.51 | 321.40 | 326.50 | 317.05 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 184.58 | 171.55 | 177.45                                                    | 172.61 | 169.75 | 184.29 | 188.16 | 181.93 | 185.55 | 180.90 |
| Edad de ensayo 14 días  |        |        | DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 1: PATRÓN – 0 % DE REEMPLAZO |        |        |        |        |        |        |        |
| Número de Probeta       | 11     | 12     | 13                                                        | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     |
| Ø promedio (cm)         | 15.14  | 15.14  | 15.12                                                     | 15.11  | 15.12  | 15.18  | 15.13  | 15.09  | 15.08  | 15.10  |
| Área (cm²)              | 179.91 | 180.03 | 179.43                                                    | 179.20 | 179.43 | 180.86 | 179.67 | 178.72 | 178.60 | 179.08 |
| Peso (g)                | 12612  | 12578  | 12548                                                     | 12574  | 12475  | 12463  | 12358  | 12459  | 12578  | 12574  |
| Carga Última (kN)       | 380.52 | 350.51 | 380.62                                                    | 367.42 | 386.02 | 368.17 | 370.21 | 387.56 | 372.22 | 366.32 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 215.68 | 198.54 | 216.30                                                    | 209.08 | 219.37 | 207.58 | 210.11 | 221.13 | 212.51 | 208.59 |
| Edad de ensayo 28 días  |        |        | DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 1: PATRÓN – 0 % DE REEMPLAZO |        |        |        |        |        |        |        |
| Número de Probeta       | 21     | 22     | 23                                                        | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     |
| Ø promedio (cm)         | 15.10  | 15.14  | 15.12                                                     | 15.14  | 15.17  | 15.13  | 15.14  | 15.13  | 15.17  | 15.11  |
| Área (cm²)              | 178.96 | 180.03 | 179.55                                                    | 179.91 | 180.62 | 179.67 | 180.03 | 179.79 | 180.62 | 179.32 |
| Peso (g)                | 12584  | 12601  | 12642                                                     | 12632  | 12511  | 12633  | 12542  | 12685  | 12584  | 12633  |
| Carga Última (kN)       | 410.22 | 430.77 | 430.62                                                    | 438.96 | 420.88 | 416.69 | 424.89 | 420.11 | 432.33 | 420.08 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 233.74 | 244.00 | 244.56                                                    | 248.80 | 237.61 | 236.49 | 240.67 | 238.27 | 244.07 | 238.89 |

# - MEZCLA CON 25% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO

| Edad de ensayo 7 días   |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 25% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Número de Probeta       | 1      | 2      | 3                                                                        | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| Ø promedio (cm)         | 15.16  | 15.18  | 15.17                                                                    | 15.13  | 15.15  | 15.18  | 15.15  | 15.18  | 15.15  | 15.08  |
| Área (cm²)              | 180.39 | 180.86 | 180.62                                                                   | 179.79 | 180.27 | 180.86 | 180.15 | 180.86 | 180.15 | 178.49 |
| Peso (g)                | 12654  | 12657  | 12637                                                                    | 12632  | 12674  | 12617  | 12688  | 12595  | 12633  | 12423  |
| Carga Última (kN)       | 332.22 | 341.12 | 335.85                                                                   | 332.21 | 315.88 | 320.14 | 320.17 | 321.21 | 335.10 | 316.08 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 187.80 | 192.33 | 189.61                                                                   | 188.42 | 178.68 | 180.50 | 181.23 | 181.10 | 189.68 | 180.58 |
| Edad de ensayo 14 días  |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 25% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
| Número de Probeta       | 11     | 12     | 13                                                                       | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     |
| Ø promedio (cm)         | 15.09  | 15.11  | 15.11                                                                    | 15.13  | 15.09  | 15.12  | 15.14  | 15.17  | 15.18  | 15.17  |
| Área (cm²)              | 178.72 | 179.20 | 179.32                                                                   | 179.67 | 178.72 | 179.55 | 179.91 | 180.74 | 180.86 | 180.62 |
| Peso (g)                | 12541  | 12548  | 12511                                                                    | 12566  | 12547  | 12548  | 12566  | 12578  | 12548  | 12614  |
| Carga Última (kN)       | 380.51 | 390.25 | 370.45                                                                   | 390.66 | 400.55 | 384.52 | 371.68 | 380.12 | 391.26 | 408.76 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 217.10 | 222.07 | 210.66                                                                   | 221.72 | 228.54 | 218.38 | 210.67 | 214.46 | 220.60 | 230.77 |
| Edad de ensayo 28 días  |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 25% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
| Número de Probeta       | 21     | 22     | 23                                                                       | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     |
| Ø promedio (cm)         | 15.10  | 15.14  | 15.12                                                                    | 15.14  | 15.17  | 15.13  | 15.14  | 15.13  | 15.17  | 15.11  |
| Área (cm²)              | 178.96 | 180.03 | 179.55                                                                   | 179.91 | 180.62 | 179.67 | 180.03 | 179.79 | 180.62 | 179.32 |
| Peso (g)                | 12721  | 12609  | 12688                                                                    | 12723  | 12598  | 12669  | 12618  | 12758  | 12725  | 12741  |
| Carga Última (kN)       | 410.22 | 430.77 | 430.62                                                                   | 438.96 | 420.88 | 416.69 | 424.89 | 420.11 | 432.33 | 420.08 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 233.74 | 244.00 | 244.56                                                                   | 248.80 | 237.61 | 236.49 | 240.67 | 238.27 | 244.07 | 238.89 |



# - MEZCLA CON 50% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO

| Edad de ensayo 7 días   |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 50% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Número de Probeta       | 1      | 2      | 3                                                                        | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| Ø promedio (cm)         | 15.12  | 15.22  | 15.08                                                                    | 15.07  | 15.04  | 15.10  | 15.09  | 15.13  | 15.15  | 15.02  |
| Área (cm²)              | 179.43 | 181.82 | 178.60                                                                   | 178.37 | 177.54 | 178.96 | 178.72 | 179.79 | 180.15 | 177.07 |
| Peso (g)                | 12587  | 12543  | 12574                                                                    | 12611  | 12547  | 12634  | 12544  | 12532  | 12611  | 12688  |
| Carga Última (kN)       | 340.08 | 311.11 | 333.48                                                                   | 326.69 | 332.52 | 331.45 | 352.20 | 340.11 | 350.20 | 340.11 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 193.27 | 174.49 | 190.40                                                                   | 186.77 | 190.99 | 188.86 | 200.95 | 192.90 | 198.23 | 195.87 |
| Edad de ensayo 14 días  |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 50% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
| Número de Probeta       | 11     | 12     | 13                                                                       | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     |
| Ø promedio (cm)         | 15.05  | 15.13  | 15.13                                                                    | 15.18  | 15.04  | 15.02  | 15.01  | 15.16  | 15.20  | 15.21  |
| Área (cm²)              | 177.78 | 179.79 | 179.67                                                                   | 180.86 | 177.54 | 177.07 | 176.95 | 180.39 | 181.34 | 181.58 |
| Peso (g)                | 12613  | 12615  | 12651                                                                    | 12548  | 12547  | 12541  | 12523  | 12578  | 12564  | 12574  |
| Carga Última (kN)       | 430.21 | 390.51 | 380.62                                                                   | 370.58 | 360.89 | 387.49 | 430.58 | 390.15 | 428.65 | 407.09 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 246.77 | 221.49 | 216.02                                                                   | 208.94 | 207.28 | 223.15 | 248.13 | 220.55 | 241.04 | 228.62 |
| Edad de ensayo 28 días  |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 50% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
| Número de Probeta       | 21     | 22     | 23                                                                       | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     |
| Ø promedio (cm)         | 15.11  | 15.02  | 15.07                                                                    | 15.10  | 15.14  | 15.12  | 15.06  | 15.24  | 15.16  | 15.18  |
| Área (cm²)              | 179.32 | 177.19 | 178.37                                                                   | 179.08 | 180.03 | 179.55 | 178.13 | 182.41 | 180.50 | 180.98 |
| Peso (g)                | 12666  | 12695  | 12694                                                                    | 12624  | 12722  | 12607  | 12732  | 12892  | 12694  | 12785  |
| Carga Última (kN)       | 451.66 | 460.44 | 474.99                                                                   | 458.63 | 461.90 | 446.51 | 469.83 | 436.22 | 475.90 | 451.05 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 256.85 | 264.99 | 271.55                                                                   | 261.16 | 261.63 | 253.58 | 268.96 | 243.85 | 268.85 | 254.14 |

# - MEZCLA CON 75% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO

| Edad de ensayo 7 días   |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 75% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Número de Probeta       | 1      | 2      | 3                                                                        | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| Ø promedio (cm)         | 15.15  | 15.22  | 15.16                                                                    | 15.14  | 15.14  | 15.13  | 15.13  | 15.16  | 15.20  | 15.20  |
| Área (cm²)              | 180.15 | 181.94 | 180.50                                                                   | 179.91 | 180.03 | 179.79 | 179.79 | 180.39 | 181.34 | 181.34 |
| Peso (g)                | 12651  | 12574  | 12478                                                                    | 12451  | 12511  | 12544  | 12574  | 12584  | 12571  | 12478  |
| Carga Última (kN)       | 361.12 | 350.12 | 354.15                                                                   | 345.12 | 358.96 | 362.12 | 352.51 | 341.25 | 330.08 | 350.28 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 204.41 | 196.24 | 200.07                                                                   | 195.61 | 203.32 | 205.38 | 199.93 | 192.91 | 185.61 | 196.97 |
| Edad de ensayo 14 días  |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 75% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
| Número de Probeta       | 11     | 12     | 13                                                                       | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     |
| Ø promedio (cm)         | 15.16  | 15.15  | 15.14                                                                    | 15.14  | 15.14  | 15.12  | 15.11  | 15.18  | 15.16  | 15.12  |
| Área (cm²)              | 180.39 | 180.15 | 180.03                                                                   | 179.91 | 180.03 | 179.43 | 179.20 | 180.86 | 180.39 | 179.55 |
| Peso (g)                | 12421  | 12385  | 12369                                                                    | 12344  | 12312  | 12346  | 12274  | 12215  | 12474  | 12269  |
| Carga Última (kN)       | 420.15 | 400.63 | 422.25                                                                   | 408.89 | 415.56 | 416.62 | 415.15 | 428.96 | 392.38 | 420.52 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 237.51 | 226.78 | 239.17                                                                   | 231.76 | 235.38 | 236.76 | 236.24 | 241.85 | 221.81 | 238.82 |
| Edad de ensayo 28 días  |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 75% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
| Número de Probeta       | 21     | 22     | 23                                                                       | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     |
| Ø promedio (cm)         | 15.16  | 15.21  | 15.11                                                                    | 15.21  | 15.10  | 15.11  | 15.09  | 15.08  | 15.03  | 15.17  |
| Área (cm²)              | 180.50 | 181.70 | 179.32                                                                   | 181.70 | 179.08 | 179.32 | 178.84 | 178.60 | 177.42 | 180.74 |
| Peso (g)                | 12712  | 12562  | 12624                                                                    | 12564  | 12712  | 12682  | 12556  | 12492  | 12618  | 12686  |
| Carga Última (kN)       | 466.41 | 471.91 | 484.19                                                                   | 460.98 | 474.42 | 474.20 | 461.33 | 486.51 | 484.56 | 473.08 |
| f <sub>c</sub> (kg/cm²) | 263.49 | 264.85 | 275.35                                                                   | 258.71 | 270.15 | 269.66 | 263.04 | 277.77 | 278.50 | 266.90 |

- MEZCLA CON 100% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO

| Edad de ensayo 7 días     |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 100% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------|--------|--------|---------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Probeta                   | 1      | 2      | 3                                                                         | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| Ø promedio (cm)           | 15.10  | 15.16  | 15.08                                                                     | 15.14  | 15.28  | 15.12  | 15.11  | 15.21  | 15.19  | 15.23  |
| ÁREA (cm <sup>2</sup> )   | 179.08 | 180.50 | 178.60                                                                    | 180.03 | 183.37 | 179.55 | 179.32 | 181.70 | 181.22 | 182.18 |
| PESO (g)                  | 12566  | 12538  | 12532                                                                     | 12430  | 12614  | 12432  | 12591  | 12592  | 12483  | 12614  |
| CARGA ÚLTIMA (kN)         | 360.77 | 368.54 | 352.24                                                                    | 370.02 | 350.12 | 360.21 | 375.58 | 364.78 | 374.12 | 360.22 |
| F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | 205.43 | 208.20 | 201.11                                                                    | 209.59 | 194.70 | 204.57 | 213.58 | 204.72 | 210.52 | 201.63 |
| Edad de ensayo 14 días    |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 100% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
| Probeta                   | 11     | 12     | 13                                                                        | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     |
| Ø promedio (cm)           | 15.13  | 15.11  | 15.13                                                                     | 15.13  | 15.12  | 15.11  | 15.08  | 15.07  | 15.07  | 15.08  |
| ÁREA (cm <sup>2</sup> )   | 179.67 | 179.20 | 179.67                                                                    | 179.79 | 179.55 | 179.32 | 178.60 | 178.37 | 178.37 | 178.60 |
| PESO (g)                  | 12352  | 12324  | 12326                                                                     | 12311  | 12411  | 12422  | 12322  | 12389  | 12396  | 12342  |
| CARGA ÚLTIMA (kN)         | 444.15 | 430.21 | 415.12                                                                    | 420.15 | 430.26 | 432.12 | 425.16 | 430.58 | 422.25 | 427.03 |
| F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | 252.08 | 244.81 | 235.60                                                                    | 238.30 | 244.35 | 245.73 | 242.74 | 246.16 | 241.40 | 243.81 |
| Edad de ensayo 28 días    |        |        | MEZCLA DE CONCRETO: 100% DE REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO GRUESO |        |        |        |        |        |        |        |
| Probeta                   | 21     | 22     | 23                                                                        | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     |
| Ø promedio (cm)           | 15.10  | 15.16  | 15.08                                                                     | 15.14  | 15.28  | 15.12  | 15.11  | 15.21  | 15.19  | 15.23  |
| ÁREA (cm <sup>2</sup> )   | 179.08 | 180.50 | 178.60                                                                    | 180.03 | 183.37 | 179.55 | 179.32 | 181.70 | 181.22 | 182.18 |
| PESO (g)                  | 12566  | 12538  | 12532                                                                     | 12430  | 12614  | 12432  | 12591  | 12592  | 12483  | 12614  |
| CARGA ÚLTIMA (kN)         | 489.51 | 479.27 | 490.72                                                                    | 474.56 | 487.70 | 495.76 | 479.81 | 504.72 | 505.34 | 494.24 |
| F'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | 278.74 | 270.75 | 280.17                                                                    | 268.80 | 271.20 | 281.55 | 272.85 | 283.26 | 284.35 | 276.65 |

## APÉNDICE II: propiedades físicas de los agregados

### - Contenido de humedad

**Tabla 25:** *Contenido de humedad del agregado fino*

| Descripción                           | Und. | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio |
|---------------------------------------|------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente                   | g    | 362.00  | 365.00  | 358.00  | 4.49     |
| Peso del Recipiente + muestra humedad | g    | 1501.00 | 1402.00 | 1278.00 |          |
| Peso del Recipiente + muestra seca    | g    | 1452.00 | 1358.00 | 1238.00 |          |
| Contenido de humedad                  | W %  | 4.50    | 4.43    | 4.55    |          |

**Tabla 26:** *Contenido de humedad del agregado grueso*

| Descripción                           | Und. | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio |
|---------------------------------------|------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente                   | g    | 358.00  | 359.00  | 360.00  | 0.34     |
| Peso del Recipiente + muestra humedad | g    | 2558.00 | 2669.00 | 2578.00 |          |
| Peso del Recipiente + muestra seca    | g    | 2551.00 | 2661.00 | 2570.00 |          |
| Contenido de humedad                  | W %  | 0.32    | 0.35    | 0.36    |          |

**Tabla 27:** *Contenido de humedad del confitillo*

| Descripción                           | Und. | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio |
|---------------------------------------|------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente                   | g    | 358.00  | 359.00  | 360.00  | 0.31     |
| Peso del Recipiente + muestra humedad | g    | 1415.00 | 1636.00 | 1842.00 |          |
| Peso del Recipiente + muestra seca    | g    | 1412.00 | 1632.00 | 1837.00 |          |
| Contenido de humedad                  | W %  | 0.28    | 0.31    | 0.34    |          |

### - Ensayos de densidad relativa y absorción

**Tabla 28:** *Peso específico del agregado grueso*

| Descripción                                            | Und.              | M-1   | M-2   | M-3   | Promedio |
|--------------------------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|----------|
| Peso Específico de Masa                                | g/cm <sup>3</sup> | 2.606 | 2.602 | 2.608 | 2.610    |
| Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco | g/cm <sup>3</sup> | 2.639 | 2.634 | 2.641 | 2.640    |
| Peso Específico de Aparente                            | g/cm <sup>3</sup> | 2.695 | 2.689 | 2.697 | 2.690    |

**Tabla 29: Absorción del agregado grueso**

| Descripción                              | Und | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio |
|------------------------------------------|-----|---------|---------|---------|----------|
| Peso de la muestra Superficialmente Seca | g   | 3000.00 | 3000.00 | 3000.00 |          |
| Peso de la muestra secada al horno       | g   | 2962.20 | 2963.40 | 2962.80 | 1.300    |
| Absorción (%)                            | %   | 1.276   | 1.235   | 1.256   |          |

**Tabla 30: Peso específico del agregado fino**

| Descripción                                            | Und.              | M-1   | M-2   | M-3   | Promedio |
|--------------------------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|----------|
| Peso Específico de Masa                                | g/cm <sup>3</sup> | 2.621 | 2.613 | 2.619 | 2.620    |
| Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco | g/cm <sup>3</sup> | 2.639 | 2.656 | 2.650 | 2.655    |
| Peso Específico de Aparente                            | g/cm <sup>3</sup> | 2.717 | 2.712 | 2.716 | 2.720    |

**Tabla 31: Absorción del agregado fino**

| Descripción                              | Und | M-1    | M-2    | M-3    | Promedio |
|------------------------------------------|-----|--------|--------|--------|----------|
| Peso de la muestra Superficialmente Seca | g   | 500.00 | 500.00 | 500.00 |          |
| Peso de la muestra secada al horno       | g   | 493.32 | 493.15 | 493.28 | 1.400    |
| Absorción (%)                            | %   | 1.354  | 1.389  | 1.362  |          |

**Tabla 32: Peso específico del confitillo**

| Descripción                                            | Und.              | M-1   | M-2   | M-3   | Promedio |
|--------------------------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|----------|
| Peso Específico de Masa                                | g/cm <sup>3</sup> | 2.578 | 2.579 | 2.582 | 2.580    |
| Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco | g/cm <sup>3</sup> | 2.639 | 2.628 | 2.629 | 2.633    |
| Peso Específico de Aparente                            | g/cm <sup>3</sup> | 2.714 | 2.716 | 2.721 | 2.720    |

**Tabla 33: Absorción del confitillo**

| Descripción                              | Und | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio |
|------------------------------------------|-----|---------|---------|---------|----------|
| Peso de la muestra Superficialmente Seca | g   | 3000.00 | 3000.00 | 3000.00 |          |
| Peso de la muestra secada al horno       | g   | 2942.55 | 2942.23 | 2941.58 | 2.000    |
| Absorción (%)                            | %   | 1.952   | 1.963   | 1.986   |          |

### - Ensayos de peso unitario y relación de vacíos

**Tabla 34:** *Peso unitario y compactado del agregado grueso*

| Descripción                    | Und.              | M-1  | M-2   | M-3  | Promedio |
|--------------------------------|-------------------|------|-------|------|----------|
| Peso Unitario Suelto (PUS)     | kg/m <sup>3</sup> | 1422 | 14112 | 1405 | 1413     |
| Peso Unitario Compactado (PUC) | kg/m <sup>3</sup> | 1528 | 1533  | 1528 | 1530     |

**Tabla 35:** *Peso unitario y compactado del agregado fino*

| Descripción                    | Und.              | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio |
|--------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|----------|
| Peso Unitario Suelto (PUS)     | kg/m <sup>3</sup> | 1593.82 | 1596.60 | 1586.88 | 1592     |
| Peso Unitario Compactado (PUC) | kg/m <sup>3</sup> | 1721.84 | 1712.82 | 1707.62 | 1714     |

**Tabla 36:** *Peso unitario y compactado del confitillo*

| Descripción                    | Und.              | M-1  | M-2  | M-3  | Promedio |
|--------------------------------|-------------------|------|------|------|----------|
| Peso Unitario Suelto (PUS)     | kg/m <sup>3</sup> | 1281 | 1279 | 1286 | 1282     |
| Peso Unitario Compactado (PUC) | kg/m <sup>3</sup> | 1391 | 1395 | 1401 | 1396     |

### - Ensayos de material más fino que pasa el tamiz N°200

**Tabla 37:** *Partículas < N°200 para el agregado grueso*

| Descripción                                | Und | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio |
|--------------------------------------------|-----|---------|---------|---------|----------|
| Peso de Muestra Original                   | g   | 3000.00 | 3000.00 | 3000.00 |          |
| Peso de la muestra Lavada                  | g   | 2990.90 | 2989.70 | 2989.30 |          |
| Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200 | g   | 9.10    | 10.30   | 10.70   |          |
| Material que Pasa el Tamiz N° 200          | %   | 0.303%  | 0.343%  | 0.357%  | 0.30%    |

**Tabla 38:** *Partículas < N°200 para el agregado fino*

| Descripción                                | Und | M-1    | M-2    | M-3    | Promedio |
|--------------------------------------------|-----|--------|--------|--------|----------|
| Peso de Muestra Original                   | g   | 500.00 | 500.00 | 500.00 |          |
| Peso de la muestra Lavada                  | g   | 487.52 | 489.62 | 488.55 |          |
| Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200 | g   | 12.48  | 10.38  | 11.45  |          |
| Material que Pasa el Tamiz N° 200          | %   | 2.50%  | 2.08%  | 2.29%  | 2.30%    |

**Tabla 39: Partículas < N°200 para el confitillo**

| Descripción                                | Und | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio |
|--------------------------------------------|-----|---------|---------|---------|----------|
| Peso de Muestra Original                   | g   | 3000.00 | 3000.00 | 3000.00 |          |
| Peso de la muestra Lavada                  | g   | 2980.10 | 2981.40 | 2982.20 |          |
| Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200 | g   | 19.90   | 18.60   | 17.80   |          |
| Material que Pasa el Tamiz N° 200          | %   | 0.663%  | 0.620%  | 0.593%  | 0.60%    |

**- Ensayos de abrasión****Tabla 40: Ensayo de abrasión del agregado grueso**

| Gradación                                                       | Equipo Mecánico        | N° de Esferas | Velocidad (rev./mim) | N° de Revoluciones | Tamaño Máx. Nominal | Peso de la Muestra en (g.) |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|
| B                                                               | Máquina de los Ángeles | 11            | 30 - 33              | 500.00             | 3/4"                | 5000.00                    |
| N° de ensayos                                                   |                        |               |                      | 1°                 | 2°                  | 3°                         |
| Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)                   |                        |               |                      | 5000               | 5000                | 5000                       |
| Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g) |                        |               |                      | 3656               | 3686                | 3695                       |
| % Desg. =(( Pi -Pf ) / Pi ) x 100                               |                        |               |                      | 26.88              | 26.28               | 26.10                      |
| Abrasión % Desgaste Promedio                                    |                        |               |                      |                    | 26.00               |                            |

**Tabla 41: Ensayo de abrasión del confitillo**

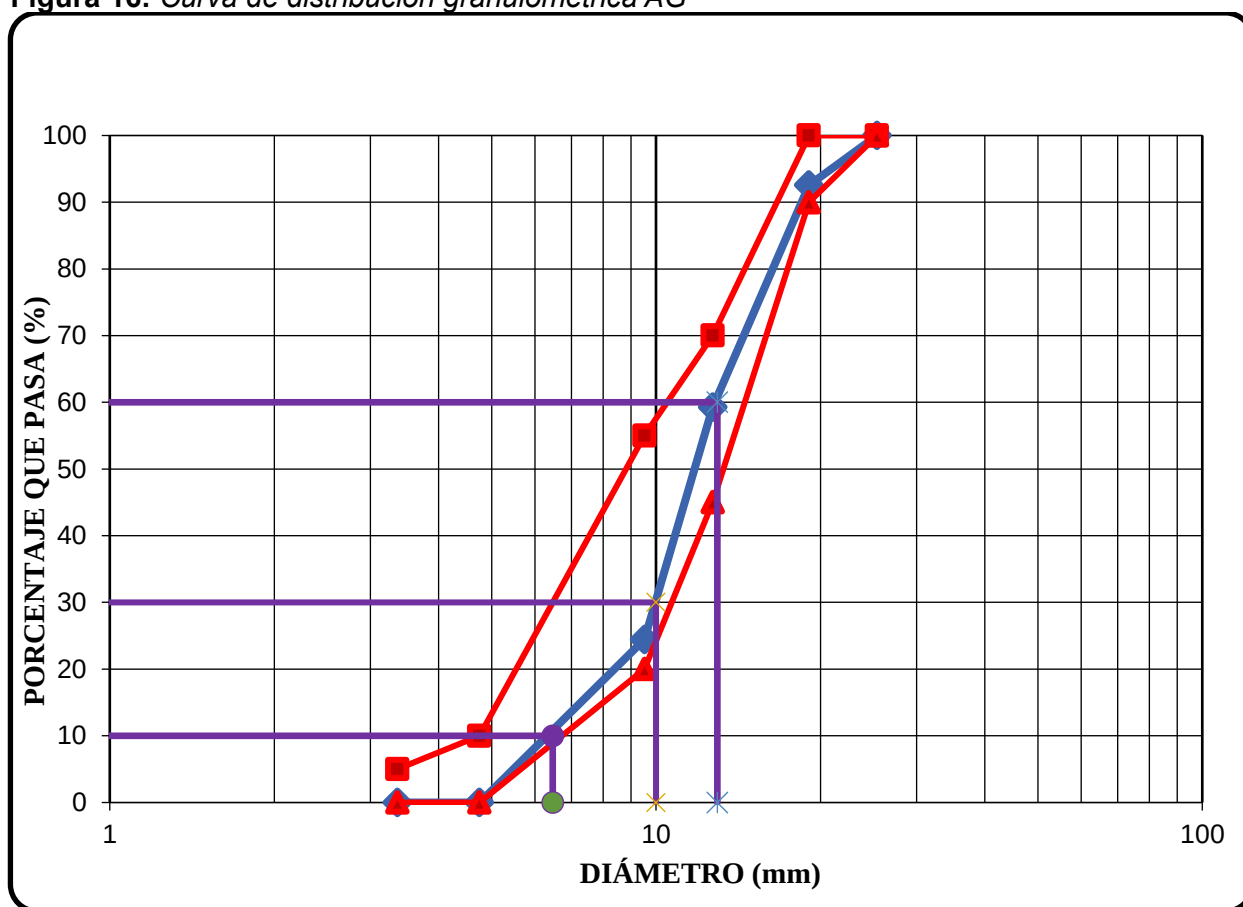
| Gradación                                                       | Equipo Mecánico        | N° de Esferas | Velocidad (rev./mim) | N° de Revoluciones | Tamaño Máx. Nominal | Peso de la Muestra en (g.) |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|
| B                                                               | Máquina de los Ángeles | 8             | 30 - 33              | 500.00             | 3/8"                | 5000.00                    |
| N° de ensayos                                                   |                        |               |                      | 1°                 | 2°                  | 3°                         |
| Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)                   |                        |               |                      | 5000               | 5000                | 5000                       |
| Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g) |                        |               |                      | 3352               | 3322                | 3369                       |
| % Desg. =(( Pi -Pf ) / Pi ) x 100                               |                        |               |                      | 32.96              | 33.56               | 32.62                      |
| Abrasión % Desgaste Promedio                                    |                        |               |                      |                    | 33.00               |                            |

## - Ensayos de granulometría

**Tabla 42:** *Granulometría del agregado grueso*

| Tamiz              |                  | Peso Retenido<br>Parcial | % Retenido<br>Parcial | % Retenido<br>Acumulado | % Que<br>Pasa |
|--------------------|------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| Nº                 | Abertura<br>(mm) |                          |                       |                         |               |
| 1"                 | 25.40            | 0.00                     | 0.00                  | 0.00                    | 100.00        |
| 3/4"               | 19.05            | 595.00                   | 7.44                  | 7.44                    | 92.56         |
| 1/2"               | 12.70            | 2664.00                  | 33.30                 | 40.74                   | 59.26         |
| 3/8"               | 9.53             | 2785.00                  | 34.81                 | 75.55                   | 24.45         |
| Nº4                | 4.75             | 1956.00                  | 24.45                 | 100.00                  | 0.00          |
| Nº8                | 3.36             | 0.00                     | 0.00                  | 100.00                  | 0.00          |
| N 16               | 1.18             | 0.00                     | 0.00                  | 100.00                  | 0.00          |
| N 30               | 0.60             | 0.00                     | 0.00                  | 100.00                  | 0.00          |
| N 50               | 0.30             | 0.00                     | 0.00                  | 100.00                  | 0.00          |
| N 100              | 0.15             | 0.00                     | 0.00                  | 100.00                  | 0.00          |
| N 200              | 0.075            | 0.00                     | 0.00                  | 100.00                  | 0.00          |
| Cazoleta           | --               | 0                        | 0.00                  | 100.00                  | 0.00          |
| Total              |                  | 8000.00                  |                       |                         |               |
| Módulo de finura = |                  |                          |                       | 6.830                   |               |

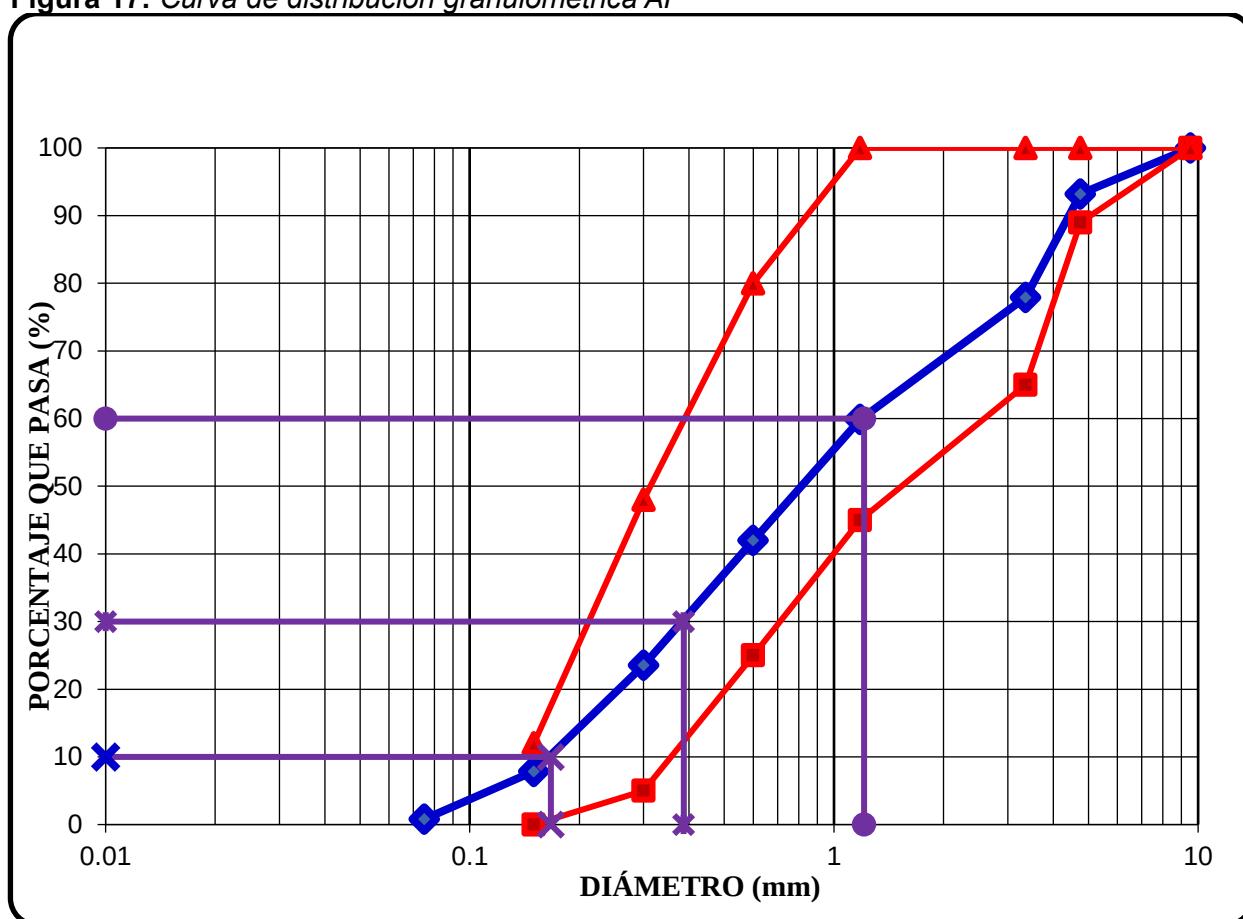
**Figura 16:** *Curva de distribución granulométrica AG*





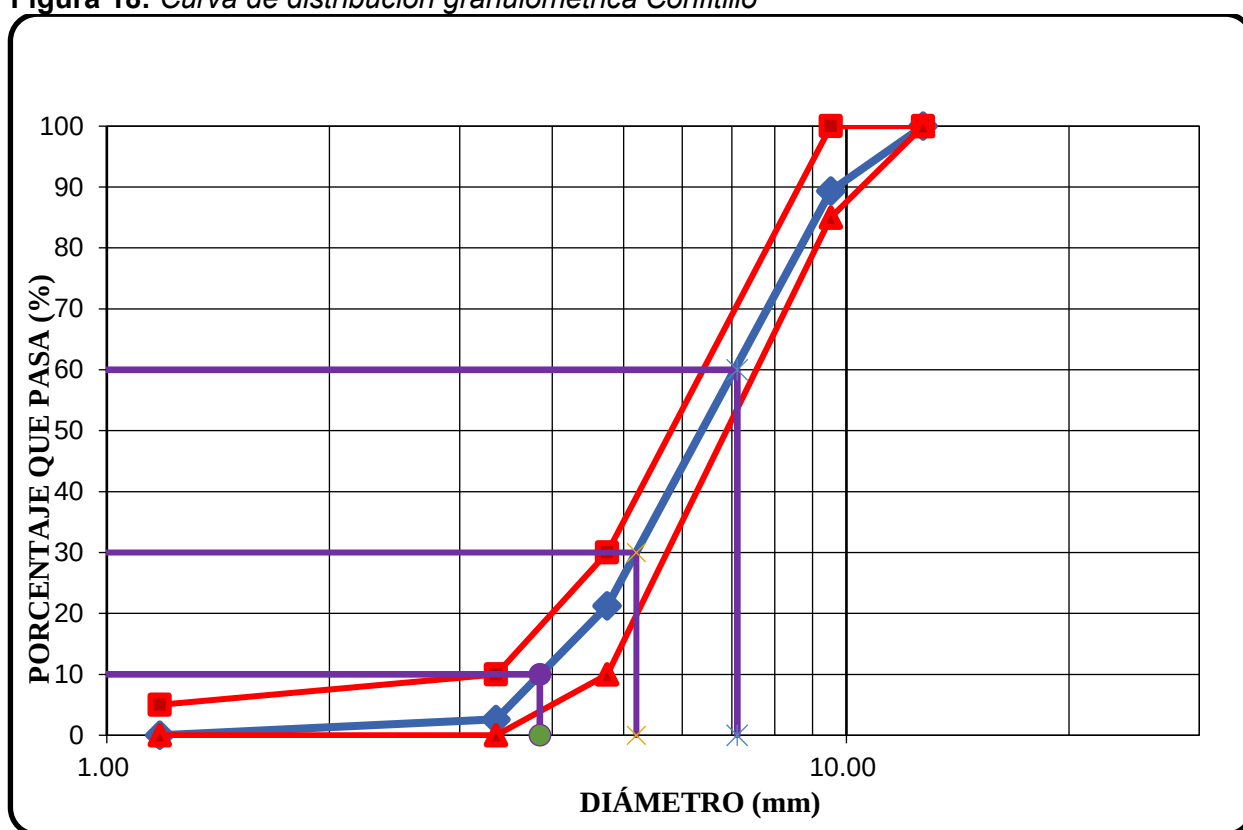
**Tabla 43:** Granulometría del agregado fino

| Tamiz              |               | Peso Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Acumulado | Porcentaje Que Pasa |
|--------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| N°                 | Abertura (mm) |                       |                             |                               |                     |
| 3/8"               | 9.53          | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| N°4                | 4.75          | 102.00                | 6.80                        | 6.80                          | 93.20               |
| N°8                | 3.36          | 229.00                | 15.27                       | 22.07                         | 77.93               |
| N 16               | 1.18          | 271.00                | 18.07                       | 40.13                         | 59.87               |
| N 30               | 0.60          | 268.00                | 17.87                       | 58.00                         | 42.00               |
| N 50               | 0.30          | 277.00                | 18.47                       | 76.47                         | 23.53               |
| N 100              | 0.15          | 235.00                | 15.67                       | 92.13                         | 7.87                |
| N 200              | 0.075         | 106.00                | 7.07                        | 99.20                         | 0.80                |
| Cazoleta           | --            | 0                     | 0.00                        | 100.00                        | 0.00                |
| Total              |               | 1500.00               |                             |                               |                     |
| Módulo de finura = |               |                       |                             | 2.956                         |                     |

**Figura 17:** Curva de distribución granulométrica AF

**Tabla 44:** Granulometría del confitillo

| Tamiz            |               | Peso Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Acumulado | Porcentaje Que Pasa |
|------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Nº               | Abertura (mm) |                       |                             |                               |                     |
| 1/2"             | 12.70         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 3/8"             | 9.53          | 241.00                | 10.64                       | 10.64                         | 89.36               |
| Nº4              | 4.75          | 1542.00               | 68.11                       | 78.75                         | 21.25               |
| Nº8              | 3.36          | 422.00                | 18.64                       | 97.39                         | 2.61                |
| N 16             | 1.18          | 59.00                 | 2.61                        | 100.00                        | 0.00                |
| N 30             | 0.60          | 0.00                  | 0.00                        | 100.00                        | 0.00                |
| N 50             | 0.30          | 0.00                  | 0.00                        | 100.00                        | 0.00                |
| N 100            | 0.15          | 0.00                  | 0.00                        | 100.00                        | 0.00                |
| N 200            | 0.075         | 0.00                  | 0.00                        | 100.00                        | 0.00                |
| Cazoleta         | -             | 0.00                  | 0.00                        | 100.00                        | 0.00                |
| Total            |               | 2264.00               |                             |                               |                     |
| Módulo de finura |               |                       |                             | 5.868                         |                     |

**Figura 18:** Curva de distribución granulométrica Confitillo

## APÉNDICE IV: diseño de mezcla del concreto

### - DISEÑO 1: PATRÓN – 0 % DE REEMPLAZO DE CONFITILLO

| DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 1: PATRÓN – 0 % DE REEMPLAZO |                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tesis:</b>                                             | "VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO DE $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR CONFITILLO EN 25%, 50%, 75% Y 100%" |
| <b>Tesista:</b>                                           | Bach. Arnold Alexander Campos Rivera.                                                                                                                             |
| <b>Asesor:</b>                                            | Dr. Ing. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL.                                                                                                                          |
| <b>Fecha:</b>                                             | 29 DE MARZO DEL 2025.                                                                                                                                             |
| <b>CEMENTO :</b>                                          | PORTLAND PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C - 150                                                                                                                       |
| <b>PESO ESPECIFICO =</b>                                  | <b>3.140</b> g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                    |

|                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>PROCEDENCIA DE AGREGADOS :</b> |                          |
| <b>AGREG. FINO</b>                | LA VICTORIA - CAJAMARCA. |
| <b>AGREG. GRUESO</b>              | LA VICTORIA - CAJAMARCA. |

|            |     |                    |
|------------|-----|--------------------|
| $F_c =$    | 210 | Kg/cm <sup>2</sup> |
| $F_{cr} =$ | 221 | Kg/cm <sup>2</sup> |

| CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS              |               |                   |                 |
|-------------------------------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
|                                                       | AGREGADO FINO |                   | AGREGADO GRUESO |
| <b>TAMANO MAXIMO NOMINAL</b>                          |               |                   | 3/4"            |
| <b>PESO ESPECIFICO DE MASA</b>                        | 2.620         | g/cm <sup>3</sup> | 2.610           |
| <b>PESO ESPECIFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO</b> | 2.650         | g/cm <sup>3</sup> | 2.640           |
| <b>PESO ESPECIFICO APARENTE</b>                       | 2.720         | g/cm <sup>3</sup> | 2.690           |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>                           | 1592          | Kg/m <sup>3</sup> | 1413            |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>                       | 1714          | Kg/m <sup>3</sup> | 1530            |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>                       | 4.491         |                   | 0.343           |
| <b>ABSORCION (%)</b>                                  | 1.400         |                   | 1.300           |
| <b>MODULO DE FINURA</b>                               | 2.956         |                   | 6.830           |
| <b>ABRASION (%)</b>                                   | ...           |                   | 26.00           |
| <b>% QUE PASA MALLA Nº 200</b>                        | 2.30          |                   | 0.30            |

|                                       |                         |                              |        |
|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------|
| <b>ASENTAMIENTO =</b>                 | 3" - 4"                 | <b>VACIOS =</b>              | 41.395 |
| <b>CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =</b> | 205.0 Lt/m <sup>3</sup> | <b>VACIOS POR CORREGIR =</b> | 6.395  |
| <b>AIRE TOTAL (%) =</b>               | 2.0                     | <b>FCORR. MC =</b>           | 0.128  |
| <b>RELACION A/Mc =</b>                | 0.666                   |                              |        |

|                  |                          |                                   |
|------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>CEMENTO =</b> | 307.62 Kg/m <sup>3</sup> | <b>7.24</b> Bolsas/m <sup>3</sup> |
|------------------|--------------------------|-----------------------------------|

|                                     |          |                |
|-------------------------------------|----------|----------------|
| <b>METODO VOLUMENES ABSOLUTOS :</b> |          |                |
| CEMENTO =                           | 0.097969 | m <sup>3</sup> |
| AGUA DE MEZCLADO =                  | 0.205    | m <sup>3</sup> |
| AIRE (%) =                          | 0.02     | m <sup>3</sup> |
| SUMA =                              | 0.322969 | m <sup>3</sup> |
| <b>VOLUMEN DE AGREGADOS =</b>       | 0.677031 | m <sup>3</sup> |

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| <b>MODULO DE COMBINACION :</b> | <b>5.057</b> |
| <b>MODULO DE COMBINACION :</b> | <b>4.929</b> |
| <b>% AGREGADO FINO =</b>       | <b>49.07</b> |
| <b>% AGREGADO GRUESO =</b>     | <b>50.93</b> |

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| <b>AGREGADO FINO SECO =</b>   | 870.00 Kg/m <sup>3</sup> |
| <b>AGREGADO GRUESO SECO =</b> | 900.00 Kg/m <sup>3</sup> |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| <b>APORTE HUMEDAD AGREGADOS</b> |       |
| <b>APORTE AF =</b>              | 26.89 |
| <b>APORTE AG =</b>              | -8.61 |
| <b>TOTAL =</b>                  | 18.27 |

|                             |        |    |
|-----------------------------|--------|----|
| <b>MATERIALES DE DISEÑO</b> |        |    |
| <b>CEMENTO</b>              | 307.6  | Kg |
| <b>AGUA DE DISEÑO</b>       | 205.00 | Lt |
| <b>AGREGADO FINO SECO</b>   | 870.00 | Kg |
| <b>AGREGADO GRUESO SECO</b> | 900.00 | Kg |
| <b>AIRE TOTAL</b>           | 2.00   | %  |

|                                          |        |    |
|------------------------------------------|--------|----|
| <b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b> |        |    |
| <b>CEMENTO</b>                           | 307.6  | Kg |
| <b>AGUA EFECTIVA</b>                     | 186.7  | Lt |
| <b>AGREGADO FINO HUMEDO</b>              | 909.00 | Kg |
| <b>AGREGADO GRUESO HUMEDO</b>            | 903.00 | Kg |
| <b>AIRE TOTAL</b>                        | 2.00   | %  |

|                           |      |              |
|---------------------------|------|--------------|
| <b>PROPORCION EN PESO</b> |      |              |
| CEMENTO =                 | 1    |              |
| A. FINO =                 | 2.95 |              |
| A. GRUESO =               | 2.94 |              |
| AGUA =                    | 25.8 | (Lt / Bolsa) |

|                              |        |              |
|------------------------------|--------|--------------|
| <b>PROPORCION EN VOLUMEN</b> |        |              |
| CEMENTO =                    | 1      |              |
| A. FINO =                    | 2.660  | 5.320        |
| A. GRUESO =                  | 3.110  | 6.220        |
| AGUA =                       | 25.800 | (Lt / Bolsa) |

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO USANDO EL MÉTODO DE MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS

### 1. Selección de las proporciones del concreto

#### 1.1. Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a compresión especificada

Las mezclas de concreto siempre deben diseñarse para una resistencia de diseño promedio cuyo valor es siempre superior al de la resistencia de diseño especificada ( $f'_c$ ). La diferencia entre ambas resistencias está dada y se determina en función al grado de control de uniformidad y de la calidad del concreto (Comité 318 ACI)

**Tabla 45:** *Relación aprox. entre la resistencia promedio y la de diseño  $f'_{cr}/f'_c$*

| Condición de la Ejecución de Obra | Relación aproximada entre la resistencia promedio y la resistencia de diseño $f'_{cr}/f'_c$ |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Excelentes                        | <1.15                                                                                       |
| Intermedias                       | 1.20 a 1.25                                                                                 |
| Corrientes                        | 1.35 a 1.60                                                                                 |

*Fuente:* Comité 318 del ACI

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 1.05 \times 210 \text{ kg/cm}^2 = 221 \text{ kg/cm}^2$$

#### 1.2. Selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso

El TMN mediante el análisis granulométrico, obteniendo: 3/4"

#### 1.3. Selección del asentamiento

El Slump de 3" – 4" para obtener mezcla plástica del concreto no endurecido

#### 1.4. Selección del volumen unitario de agua de diseño

Con Slump de 3" a 4", TMN 3/4" y Aire incorporado: Concreto sin Aire Incorporado

**Tabla 46:** Requisitos de agua de mezclado y contenido de aire

| Agua, en lts/m <sup>3</sup> para los TMN de Agregado Grueso y Consistencia |                            |      |            |     |        |     |     |     |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------|------------|-----|--------|-----|-----|-----|
| Asentamiento                                                               | Tamaño Máximo del Agregado |      |            |     |        |     |     |     |
|                                                                            | 3/8"                       | 1/2" | 3/4"       | 1"  | 1 1/2" | 2"  | 3"  | 4"  |
| Concreto Sin Aire Incorporado                                              |                            |      |            |     |        |     |     |     |
| 1" – 2"                                                                    | 207                        | 199  | 190        | 179 | 166    | 154 | 130 | 113 |
| 3" – 4"                                                                    | 228                        | 216  | <b>205</b> | 193 | 181    | 169 | 145 | 124 |
| 6" – 7"                                                                    | 243                        | 228  | 216        | 202 | 190    | 178 | 160 | -   |
| Concreto Con Aire Incorporado                                              |                            |      |            |     |        |     |     |     |
| 1" – 2"                                                                    | 181                        | 175  | 168        | 160 | 50     | 142 | 122 | 107 |
| 3" – 4"                                                                    | 202                        | 193  | 84         | 175 | 165    | 157 | 133 | 119 |
| 6" – 7"                                                                    | 216                        | 205  | 197        | 184 | 17     | 166 | 154 | -   |

## 1.5. Selección del contenido de aire

**Tabla 47:** Contenido de aire para concreto sin aire incorporado

| Concreto Sin Aire Incorporado |      |      |             |      |        |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|-------------|------|--------|------|------|------|
| TMN A.G.                      | 3/8" | 1/2" | 3/4"        | 1"   | 1 1/2" | 2"   | 3"   | 4"   |
| Aire Atrapado %               | 3.00 | 2.50 | <b>2.00</b> | 1.50 | 1.00   | 0.50 | 0.30 | 0.20 |

Fuente: Comité 211 del ACI

## 1.6. Selección de la relación agua/cemento por resistencia

**Tabla 48:** Relación agua/cemento en peso

| f'c a 28 días<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Relación Agua/Cemento en peso |                               |
|----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                                        | Concreto Sin Aire incorporado | Concreto con Aire incorporado |
| 150                                    | 0.79                          | 0.70                          |
| 200                                    | 0.69                          | 0.60                          |
| 250                                    | 0.61                          | 0.52                          |
| 300                                    | 0.54                          | 0.45                          |
| 350                                    | 0.47                          | 0.39                          |
| 400                                    | 0.42                          | -                             |
| 450                                    | 0.38                          | -                             |

| $f'_{cr}$              | A/C  |
|------------------------|------|
| 200 kg/cm <sup>2</sup> | 0.69 |
| 221 kg/cm <sup>2</sup> | 0.66 |
| 250 kg/cm <sup>2</sup> | 0.61 |

### 1.7. Determinación del factor cemento

$$Cantidad\ de\ cemento = \frac{Volumen\ unitario\ de\ agua}{Relación\ agua/cemento} = \frac{205}{0.66} = 307.62\ kg/m^3$$

$$Bolsas\ de\ cemento = \frac{Cantidad\ de\ cemento}{Peso\ de\ bolsa\ de\ cemento} = \frac{307.62\ kg/m^3}{42.50\ bolsas/m^3} = 7.24\ bolsas/m^3$$

### 1.8. Determinación del volumen absoluto de la pasta

$$Volumen\ del\ cemento = 0.097\ m^3$$

$$Volumen\ del\ agua = 0.205\ m^3$$

$$Volumen\ del\ aire = 0.020\ m^3$$

$$Volumen\ absoluto\ de\ pasta = 0.323\ m^3$$

### 1.9. Determinación del volumen del agregado total

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

$$Volumen\ absoluto\ de\ agregados = 1\ m^3 - 0.323\ m^3$$

$$Volumen\ absoluto\ de\ agregados = 0.677\ m^3$$

## 2. Cálculo del Módulo de Finura de la Combinación de los Agregados

**Tabla 49:** Módulo de finura de la combinación de los agregados

| TMN<br>AGREGADO<br>GRUESO | MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE LOS<br>AGREGADOS QUE DA LAS MEJORES CONDICIONES DE<br>TRABAJABILIDAD |      |      |      |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
|                           | 6                                                                                                          | 7    | 8    | 9    |
| 3/8"                      | 3.96                                                                                                       | 4.04 | 4.1  | 4.19 |
| 1/2"                      | 4.46                                                                                                       | 4.54 | 4.61 | 4.69 |
| 3/4"                      | 4.96                                                                                                       | 5.04 | 5.11 | 5.19 |
| 1"                        | 5.26                                                                                                       | 5.34 | 5.41 | 5.49 |
| 1 1/2"                    | 5.56                                                                                                       | 3.64 | 5.71 | 5.79 |
| 2"                        | 5.86                                                                                                       | 5.94 | 6.01 | 6.09 |
| 3"                        | 6.16                                                                                                       | 6.24 | 6.31 | 6.39 |

*Fuente:* Comité 211 del ACI

|        |      |
|--------|------|
| Bolsas |      |
| 7.00   | 5.04 |
| 7.24   | 5.06 |
| 8.00   | 5.11 |

### 2.1. Corrección del módulo de finura de la combinación de agregados por vacíos

Considerando que la tabla anterior, aclara que los valores están referidos para un agregado adecuadamente gradado. Con contenido de vacíos del 35%, en caso no se tiene este valor los módulos deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o aumento en el porcentaje de vacíos, tomando en cuenta esta observación, corregimos:

$$\% \text{ vacíos} = \left( 1 - \frac{\text{Peso unitario compactado}}{\text{Peso específico de masa}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ vacíos} = \left( 1 - \frac{1530}{2.610} \right) \times 100 = 41.395$$

$$\% \text{ de vacíos} = 41.395 > 35\%$$

$$M.C.A. \text{ corregido} = M.C.A - FC = 41.395 - 35 = 6.395$$

$$FC \text{ corregido} = 0.1x \left( \frac{6.395}{5} \right) = 0.128$$

## 2.2. Cálculo del valor de rf

Con el valor del módulo de fineza de la combinación de agregados se puede determinar el porcentaje de agregado fino en relación con el volumen absoluto total del agregado.

$$rf = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

Donde:

m: módulo de finura de la combinación de agregados

mf: módulo de finura del agregado fino

mg: módulo de finura del agregado grueso

rf: % de agregado fino con relación al volumen absoluto total de agregado

rg: % de agregado grueso con relación al volumen absoluto total de agregado

$$rf = 49.07\%$$

$$rg = 50.93\%$$

## 2.3. Cálculo de volúmenes absolutos de los agregados

$$\text{Agregado fino seco} = 870.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso seco} = 900.00 \text{ kg/m}^3$$



#### 2.4. Valores de diseño del cemento, agua, aire y agregados

Cemento = 307.60 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 205.00 lt/m<sup>3</sup>

Agregado fino = 870.00 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso = 900.00 kg/m<sup>3</sup>

Aire total = 2.00 %

#### 2.5. Corrección de humedad de los agregados

Aporte del agregado fino = 26.89

Aporte del agregado grueso = -8.61

Total = 18.27

#### 2.6. Materiales corregidos por humedad

Cemento = 307.60 kg/m<sup>3</sup>

Agua de diseño = 186.70 lt/m<sup>3</sup>

Agregado fino húmedo = 909.00 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso húmedo = 903.00 kg/m<sup>3</sup>

Aire total = 2.00 %

**- MEZCLA: 25% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso**

**Tabla 50:** *Materiales usados en el diseño y en la mezcla con 25% de reemplazo*

| MATERIALES USADOS EN EL DISEÑO PATRÓN – 0 %<br>DE REEMPLAZO DE CONFITILLO                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| CEMENTO                                                                                       | 307.60 kg |
| AGUA EFECTIVA                                                                                 | 186.70 lt |
| AGREGADO FINO                                                                                 | 909.00 kg |
| AGREGADO GRUESO                                                                               | 903.00 kg |
| AIRE TOTAL                                                                                    | 2.00 %    |
| MATERIALES USADOS EN LA MEZCLA CON 25% DE<br>REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO<br>GRUESO |           |
| CEMENTO                                                                                       | 307.60 kg |
| AGUA EFECTIVA                                                                                 | 186.70 lt |
| AGREGADO FINO                                                                                 | 909.00 kg |
| AGREGADO GRUESO                                                                               | 677.25 kg |
| CONFITILLO                                                                                    | 225.75 kg |
| AIRE TOTAL                                                                                    | 2.00 %    |

**- MEZCLA: 50% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso**

**Tabla 51:** *Materiales usados en el diseño y en la mezcla con 50% de reemplazo*

| MATERIALES USADOS EN EL DISEÑO PATRÓN – 0 %<br>DE REEMPLAZO DE CONFITILLO                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| CEMENTO                                                                                       | 307.60 kg |
| AGUA EFECTIVA                                                                                 | 186.70 lt |
| AGREGADO FINO                                                                                 | 909.00 kg |
| AGREGADO GRUESO                                                                               | 903.00 kg |
| AIRE TOTAL                                                                                    | 2.00 %    |
| MATERIALES USADOS EN LA MEZCLA CON 50% DE<br>REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO<br>GRUESO |           |
| CEMENTO                                                                                       | 307.60 kg |
| AGUA EFECTIVA                                                                                 | 186.70 lt |
| AGREGADO FINO                                                                                 | 909.00 kg |
| AGREGADO GRUESO                                                                               | 451.50 kg |
| CONFITILLO                                                                                    | 451.50 kg |
| AIRE TOTAL                                                                                    | 2.00 %    |

**- MEZCLA: 75% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso**

**Tabla 52:** *Materiales usados en el diseño y en la mezcla con 75% de reemplazo*

| MATERIALES USADOS EN EL DISEÑO PATRÓN – 0 %<br>DE REEMPLAZO DE CONFITILLO                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| CEMENTO                                                                                       | 307.60 kg |
| AGUA EFECTIVA                                                                                 | 186.70 lt |
| AGREGADO FINO                                                                                 | 909.00 kg |
| AGREGADO GRUESO                                                                               | 903.00 kg |
| AIRE TOTAL                                                                                    | 2.00 %    |
| MATERIALES USADOS EN LA MEZCLA CON 75% DE<br>REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO<br>GRUESO |           |
| CEMENTO                                                                                       | 307.60 kg |
| AGUA EFECTIVA                                                                                 | 186.70 lt |
| AGREGADO FINO                                                                                 | 909.00 kg |
| AGREGADO GRUESO                                                                               | 225.75 kg |
| CONFITILLO                                                                                    | 677.25 kg |
| AIRE TOTAL                                                                                    | 2.00 %    |

**- MEZCLA: 100% de reemplazo de confitillo en el agregado grueso**

**Tabla 53:** *Materiales usados en el diseño y en la mezcla con 100% de reemplazo*

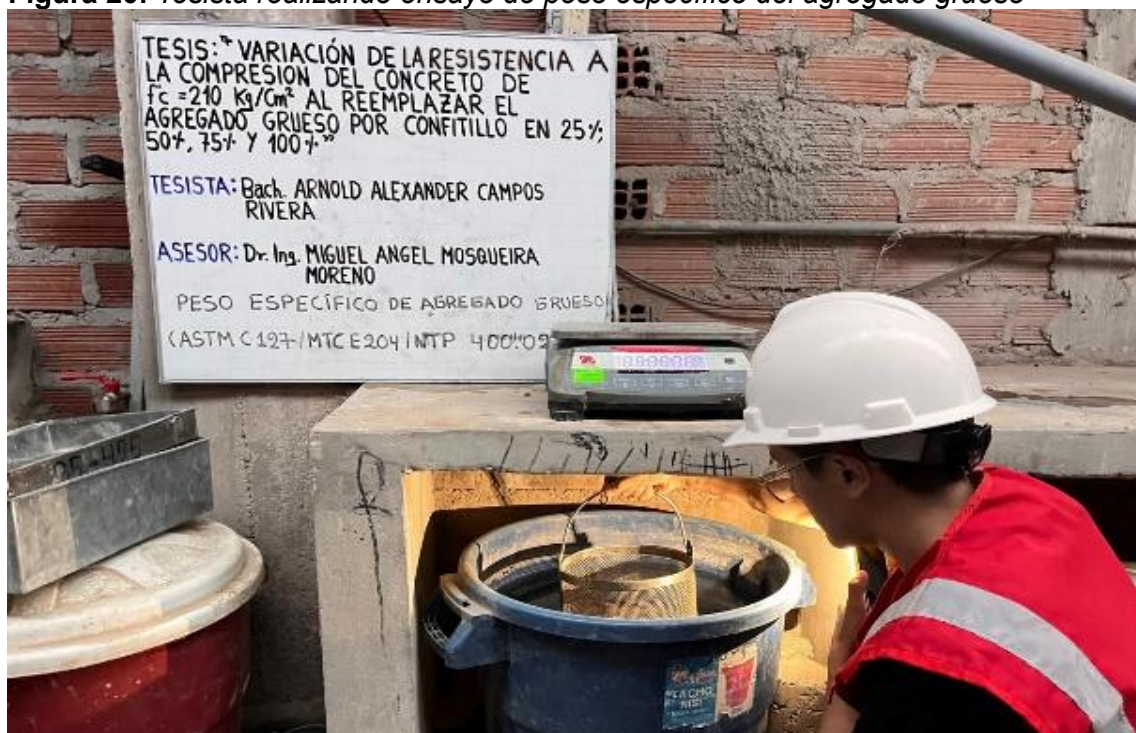
| MATERIALES USADOS EN EL DISEÑO PATRÓN – 0 %<br>DE REEMPLAZO DE CONFITILLO                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| CEMENTO                                                                                        | 307.60 kg |
| AGUA EFECTIVA                                                                                  | 186.70 lt |
| AGREGADO FINO                                                                                  | 909.00 kg |
| AGREGADO GRUESO                                                                                | 903.00 kg |
| AIRE TOTAL                                                                                     | 2.00 %    |
| MATERIALES USADOS EN LA MEZCLA CON 100% DE<br>REEMPLAZO DE CONFITILLO EN EL AGREGADO<br>GRUESO |           |
| CEMENTO                                                                                        | 307.60 kg |
| AGUA EFECTIVA                                                                                  | 186.70 lt |
| AGREGADO FINO                                                                                  | 909.00 kg |
| AGREGADO GRUESO                                                                                | 0.00 kg   |
| CONFITILLO                                                                                     | 903.00 kg |
| AIRE TOTAL                                                                                     | 2.00 %    |

### APÉNDICE III: fotografías

**Figura 19:** Tesista en la cantera “La Victoria”



**Figura 20:** Tesista realizando ensayo de peso específico del agregado grueso





**Figura 21:** *Tesista realizando el ensayo de contenido de humedad*



**Figura 22:** *Tesista realizando el ensayo de absorción del agregado grueso*





**Figura 23: Tesista en la elaboración de probetas.**



**Figura 24: Tesista enrasando las probetas**





Figura 25: Tesista y asesor en el ensayo de resistencia a compresión



Figura 26: Tesista y asesor en el ensayo de resistencia a compresión



## ANEXOS

## ANEXO I: Constancia de uso de laboratorio externo



Universidad Nacional de Cajamarca  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
Teléfono Nº 341518, Anexo 1217-Edificio 1C-106  
Cajamarca - Perú



"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

Cajamarca, 11 de marzo de 2025.

**OFICIO Nº 187-2025-EPIC-FI-UNC**

Señor:  
Arnold Alexander Campos Rivera  
Egresado de la Facultad de Ingeniería - UNC

**PRESENTE:**

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, para saludarle cordialmente y, al mismo tiempo, autorizar el uso del Laboratorio externo GUERSAN INGENIEROS; para que Usted realice sus respectivos ensayos de su tesis titulado: **"VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE  $f'c=210$  KG/CM<sup>2</sup> AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR CONFITILLO EN 25%, 50%, 75% Y 100%".**

Sin otro particular, hago propicia la ocasión para testimoniarle las muestras de mi especial deferencia.

Atentamente,

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tañer  
DIRECTOR

Cc.  
- Archivo  
JBTT/yvette



## ANEXO II: Constancia de uso de laboratorio externo



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

EL JEFE DEL LABORATORIO DE GUERSAN INGENIEROS S.R.L, DEJA:

### CONSTANCIA

Que el bachiller ARNOLD ALEXANDER CAMPOS RIVERA, durante el año 2025, ha realizado los trabajos necesarios en el laboratorio GUERSAN INGENIEROS S.R.L., para su tesis de pregrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, denominada " VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO DE  $F'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$  AL REEMPLAZAR EL AGREGADO GRUESO POR CONFITILLO EN 25%, 50%, 75% Y 100%". Estos trabajos fueron:

#### Ensayos:

- Peso específico de masa
- Peso específico aparente
- Peso unitario compactado
- Módulo de finura
- % de material que pasa el tamiz n°200
- Resistencia a compresión
- Peso específico de masa S.S.S.
- Peso unitario suelto
- Contenido de humedad
- Abrasión
- Absorción
- Peso volumétrico.

#### Diseños de mezcla:

- |                   |                                       |
|-------------------|---------------------------------------|
| - Tratamiento I   | Diseño patrón.                        |
| - Tratamiento II  | REEMPLAZP DE 25% de AG POR COFITILLO  |
| - Tratamiento III | REEMPLAZP DE 50% de AG POR COFITILLO  |
| - Tratamiento IV  | REEMPLAZP DE 75% de AG POR COFITILLO  |
| - Tratamiento V   | REEMPLAZP DE 100% de AG POR COFITILLO |

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente,

Cajamarca, 30 de mayo de 2025

**GUERSAN INGENIEROS S.R.L.**  
  
**LEINER GUERRERO GONZALES**  
GERENTE GENERAL  
DNI N° 45567546

RUC: 20602101488

Dirección: Psj. Diego Ferre N° 295 – Barrio San Martín – Cajamarca.

CORREO: guersaningenieros@gmail.com

## ANEXO III: Ficha técnica de cemento portland tipo I



Pacasmayo

**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04  
Versión 04

Planta: Pacasmayo

### Cemento Portland Tipo I

11 de febrero de 2021

Periodo de despacho 01 de enero de 2021 - 31 de enero de 2021

### REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

#### QUÍMICOS

| Requisitos               | Especificación | Resultado de ensayos |
|--------------------------|----------------|----------------------|
| MgO (%)                  | 6 máx.         | 2                    |
| SO <sub>3</sub> (%)      | 3.0 máx.       | 2.8                  |
| Pérdida por ignición (%) | 3.5 máx.       | 2.9                  |
| Residuo insoluble (%)    | 1.5 máx.       | 0.6                  |

#### FÍSICOS

| Requisitos                                 | Especificación | Resultado de ensayos |
|--------------------------------------------|----------------|----------------------|
| Contenido de aire del mortero (volumen %)  | 12 máx.        | 8                    |
| Superficie específica (cm <sup>2</sup> /g) | 2600 mín.      | 3970                 |
| Expansión en autoclave (%)                 | 0.80 máx.      | 0.05                 |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> )              | A              | 3.11                 |
| Resistencia a la compresión (MPa)          |                |                      |
| 1 día                                      | A              | 14.7                 |
| 3 días                                     | 12.0 mín.      | 27.4                 |
| 7 días                                     | 19.0 mín.      | 34.4                 |
| 28 días *                                  | 28.0 mín.      | 42.7                 |
| Tiempo de fraguado Vicat (minutos)         |                |                      |
| Inicial                                    | 45 mín.        | 131                  |
| Final                                      | 375 máx.       | 240                  |

A No específica

\* Requisito opcional

El (1a) RC 28 días corresponde al mes de diciembre del 2020

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2016.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

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