

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON  
SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR  
RESINA DE POLIURETANO PARA SU  
APLICACIÓN EN LOSAS ALIGERADAS**

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

**Autor: Bach. Ricardo Victor Bravo Alaya**

**Asesor: Mg. Jesús Idén Cárdenas Capcha.**

**Línea de Investigación: Nuevas tecnologías y procesos.**

**Huancayo – Perú**

**2023**

## HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

---

DR. Rubén Darío Tapia Silguera  
**PRESIDENTE**

---

Mg. Waldir Alexis Sánchez Mattos  
**JURADO**

---

Mg. Alcides Luis Fabian Brañez  
**JURADO**

---

Mg. Jeannelle Sofia Herrera Montes  
**JURADO**

---

Mtro. Leonel Untiveros Peñaloza.  
**SECRETARIO DOCENTE**

## **Dedicatoria**

- A mi familia, fuente de amor y apoyo incondicional, y a todos aquellos que creyeron en mí a lo largo de este viaje académico
- A mis maestros, que me inspiraron a alcanzar nuevas alturas en el mundo del conocimiento.

Bach. Ricardo Víctor Bravo Alaya.

## **Agradecimientos**

- Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Peruana Los Andes, por las oportunidades, recursos y una educación de calidad que ha enriquecido mi vida académica.
- Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que, de una forma u otra, contribuyeron a la realización de este proyecto. Cada pequeño gesto y ayuda no pasaron desapercibidos y fueron parte integral de este logro.

Bach. Ricardo Víctor Bravo Alaya.

## CONSTANCIA DE SIMILITUD



Oficina de  
Propiedad Intelectual  
y Publicaciones

NUEVOS TIEMPOS  
NUEVOS DESAFÍOS  
NUEVOS COMPROMISOS

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0218 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

**COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN EN LOSAS ALIGERADAS**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. BRAVO ALAYA RICARDO VICTOR**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Mg. CARDENAS CAPCHA JESUS IDEN**

Fue analizado con fecha **20/06/2024**; con **158 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

**Excluye Bibliografía.**

X

**Excluye citas.**

X

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **18** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 20 de junio del 2024.

**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**  
**JEFA**

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## Contenido

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	v
Contenido de tablas	ix
Contenido de figuras	xi
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	15
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Descripción de la realidad problemática	16
1.2. Delimitación del problema	17
1.2.1. Espacial	17
1.2.2. Temporal	17
1.2.3. Económica	17
1.3. Formulación del problema	18
1.3.1. Problema general	18
1.3.2. Problemas específicos	18
1.4. Justificación	18
1.4.1. Práctica	18
1.4.2. Teórica	19
1.4.3. Metodológica	19
1.5. Objetivos	19
1.5.1. Objetivo general	19
1.5.2. Objetivos específicos	19
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes	21
2.1.1. Nacionales	21
2.1.2. Internacionales	22
2.2. Bases teóricas o científicas	24
2.3. Marco conceptual	34
3. CAPÍTULO III: HIPÓTESIS	35
3.1. Hipótesis general	35
3.2. Hipótesis específicas	35

3.3. Variables	36
3.3.1. Definición conceptual de las variables	36
3.3.2. Definición operacional de las variables	36
3.3.3. Operacionalización de las variables	36
4. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	38
4.1. Método de investigación	38
4.2. Tipo de investigación	38
4.3. Nivel de investigación	39
4.4. Diseño de la investigación	39
4.5. Población y muestra	39
4.5.1. Población	39
4.5.2. Muestra	39
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
4.6.1. Técnicas	40
4.6.2. Instrumentos	40
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	41
4.7.1. Procesamiento	41
4.7.2. Análisis	41
4.8. Aspectos éticos de la investigación	41
5. CAPÍTULO IV: RESULTADOS	42
5.1. Descripción de resultados	45
5.1.1. Contenido de aire	47
5.1.2. Slump	48
5.1.3. Tiempo de fraguado	49
5.1.4. Exudación	52
5.1.5. Resistencia a la compresión axial	54
5.1.6. Módulo de elasticidad	63
5.2. Contrastación de hipótesis	65
5.2.1. Hipótesis específica “a”	65
5.2.2. Hipótesis específica “b”	67
5.2.3. Hipótesis específica “c”	68
5.2.4. Hipótesis específica “d”	69
5.2.5. Hipótesis específica “e”	71
5.2.6. Hipótesis específica “f”	77

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	80
6.1. Contenido de aire del concreto	80
6.2. Slump del concreto	81
6.3. Fraguado del concreto	82
6.4. Exudación del concreto	82
6.5. Resistencia a compresión del concreto	83
6.6. Módulo de elasticidad indirecto del concreto	84
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	94
Anexo N° 01: matriz de consistencia	95
Anexo N° 02: matriz de operacionalización de las variables	98
Anexo N° 03: certificados de ensayos de laboratorio	100
Anexo N° 04: certificados de calibración	133
Anexo N° 05: panel fotográfico	146

## Contenido de tablas

Tabla 2.1. Contenido de aire en mezcla de concreto para varios tamaños de agregado grueso.	26
Tabla 2.2. Valores de asentamiento para el concreto.	29
Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.	37
Tabla 4.1. Descripción de muestras de investigación.	40
Tabla 5.1. Granulometría agregado grueso.	42
Tabla 5.2. Cualidades del agregado grueso.	43
Tabla 5.3. Granulometría agregado fino.	43
Tabla 5.4. Cualidades del agregado fino.	44
Tabla 5.5. Diseño de mezclas.	45
Tabla 5.6. Resultados obtenidos sobre las propiedades del concreto con un $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> y porcentajes de sustitución de poliuretano.	46
Tabla 5.7. Contenido de aire de los diseños de mezcla.	47
Tabla 5.8. Slump de los diseños de mezcla.	48
Tabla 5.9. Tiempo de fraguado inicial de los diseños de mezcla.	50
Tabla 5.10. Tiempo de fraguado final de los diseños de mezcla.	51
Tabla 5.11. Exudación de los diseños de mezcla.	53
Tabla 5.12. Resistencia a la compresión axial a 1 día.	54
Tabla 5.13. Resistencia a la compresión axial a 3 días.	56
Tabla 5.14. Resistencia a la compresión axial a 7 días.	57
Tabla 5.15. Resistencia a la compresión axial a 14 días.	59
Tabla 5.16. Resistencia a la compresión axial a 21 días.	60
Tabla 5.17. Resistencia a la compresión axial a 28 días.	62
Tabla 5.18. Módulo de elasticidad de los diseños de mezcla.	64
Tabla 5.19. Resumen de prueba Kruskal-Wallis – hipótesis específica “a”.	66
Tabla 5.20. Comparaciones por parejas de grupos – hipótesis específica “a”.	66
Tabla 5.21. Resumen de prueba Kruskal-Wallis – hipótesis específica “b”.	67
Tabla 5.22. Comparaciones por parejas de grupos – hipótesis específica “b”.	67
Tabla 5.23. Resumen de prueba Kruskal-Wallis – Hipótesis específica “c”.	68
Tabla 5.24. Comparaciones por parejas de grupos – hipótesis específica “c”.	69
Tabla 5.25. Prueba de normalidad – hipótesis específica “d”.	70
Tabla 5.26. Resumen de prueba Kruskal-Wallis – Hipótesis específica “d”.	70
Tabla 5.27. Comparaciones por parejas de grupos – hipótesis específica “d”.	71
Tabla 5.28. Prueba de normalidad – hipótesis específica “e”.	72

Tabla 5.29. Resumen de prueba ANOVA – Hipótesis específica “e”.	73
Tabla 5.30. Comparaciones múltiples por grupos – hipótesis específica “e”.	73
Tabla 5.31. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a compresión a 1 día (kg/cm <sup>2</sup> ).	74
Tabla 5.32. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 3 días (kg/cm <sup>2</sup> ).	75
Tabla 5.33. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> ).	75
Tabla 5.34. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> ).	75
Tabla 5.35. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 21 días (kg/cm <sup>2</sup> ).	76
Tabla 5.36. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ).	76
Tabla 5.37. Prueba de normalidad – hipótesis específica “f”.	77
Tabla 5.38. Resumen de prueba ANOVA – Hipótesis específica “f”.	78
Tabla 5.39. Comparaciones múltiples por grupos – hipótesis específica “f”.	78
Tabla 5.40. Subconjuntos homogéneos del módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> ).	79

## Contenido de figuras

Figura 2.1. Resina de poliuretano.	25
Figura 2.2. Medidor tipo A.	26
Figura 2.3. Medidor tipo B.	27
Figura 2.4. Molde para determinar el asentamiento.	28
Figura 2.5. Ensayo de asentamiento.	28
Figura 2.6. Equipo de Vícat.	30
Figura 2.7. Permeámetro según el ACI – 522R.	32
Figura 2.8. Esquemas de los tipos de falla	33
Figura 5.1. Curva granulométrica del agregado grueso.	43
Figura 5.2. Curva granulométrica del agregado fino.	44
Figura 5.3. Comparación del contenido de aire de los diseños de mezcla.	47
Figura 5.4. Variación porcentual del contenido de aire.	48
Figura 5.5. Comparación del Slump de los diseños de mezcla.	49
Figura 5.6. Variación porcentual del Slump.	49
Figura 5.7. Comparación del tiempo de fraguado inicial de los diseños de mezcla.	50
Figura 5.8. Variación porcentual del fraguado inicial.	51
Figura 5.9. Comparación del tiempo de fraguado final de los diseños de mezcla.	52
Figura 5.10. Variación porcentual del fraguado final.	52
Figura 5.11. Comparación de la exudación de los diseños de mezcla.	53
Figura 5.12. Variación porcentual de la exudación.	54
Figura 5.13. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 1 día.	55
Figura 5.14. Variación de la resistencia a la compresión a 1 día.	55
Figura 5.15. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 3 días.	56
Figura 5.16. Variación de la resistencia a la compresión a los 3 días.	57
Figura 5.17. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 7 días.	58
Figura 5.18. Variación de la resistencia a la compresión a los 7 días.	58
Figura 5.19. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 14 días.	59
Figura 5.20. Variación de la resistencia a la compresión a los 14 días.	60
Figura 5.21. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 21 días.	61

Figura 5.22. Variación de la resistencia a la compresión a los 21 días.	61
Figura 5.23. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 28 días.	62
Figura 5.24. Variación de la resistencia a la compresión a los 21 días.	63
Figura 5.25. evolución de la resistencia.	63
Figura 5.26. Comparación del módulo de elasticidad de los diseños de mezcla.	64
Figura 5.27. Variación porcentual del módulo de elasticidad.	65

## Resumen

La presente tesis consideró como objetivo primordial evaluar el comportamiento del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas. Para se llevó a cabo la elaboración de 320 probetas de concreto con sustituciones parciales de resina de poliuretano por el cemento, las cuales fueron de 5, 10 y 15 %, evaluando sus propiedades en estado fresco y endurecido como: el contenido de aire, el Slump, fraguado, exudación, módulo de elasticidad indirecto y resistencia a la compresión, considerando a las edades de 1, 3, 7, 14, 21 y 28 días. Obteniendo como resultado que el porcentaje optimo fue la sustitución de 5 % de resina de poliuretano el cual conto con un resultado de resistencia a la compresión  $366.30 \text{ kg/cm}^2$  por encima de las muestras D3 - 10 % RES, D4 - 15 % RES, a su vez el contenido de aire alcanzó un valor de 5.20 %, Slump de 6", fraguado inicial de 250 min, fraguado final 360 min, exudación de  $0.17 \text{ (ml/cm}^2\text{)}$ , y un módulo de elasticidad de  $288971.75 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ . Por último, se concluye que, teniendo en cuenta a la edad de los 28 días de su elaboración, edad donde el concreto alcanza su máxima resistencia, al sustituir en un porcentaje del 10 % y 15 % los especímenes no superan la resistencia patrón de  $354.01 \text{ kg/cm}^2$ , pero si la muestra D2 - 5 % RES con 5 % de sustitución el cual logro un resultado de  $366.30 \text{ kg/cm}^2$ .

Palabras clave: Poliuretano, concreto, sustitución del cemento, resistencia a la compresión.

## **Abstract**

The main objective of this thesis was to evaluate the behavior of concrete with partial substitution of cement by polyurethane resin for its application in lightened slabs. For this purpose, 320 concrete specimens were made with partial substitutions of polyurethane resin for cement, which were 5, 10 and 15%, evaluating its properties in fresh and hardened state such as: air content, slump, setting, exudation, indirect modulus of elasticity and compressive strength, considering the ages of 1, 3, 7, 14, 21 and 28 days. Obtaining as a result that the optimum percentage was the substitution of 5 % of polyurethane resin, which had a result of compressive strength 366.30 kg/cm<sup>2</sup> above the samples D3 - 10 % RES, D4 - 15 % RES, at the same time the air content reached a value of 5.20 %, Slump of 6", initial setting of 250 min, final setting 360 min, exudation of 0.17 (ml/cm<sup>2</sup>), and a modulus of elasticity of 288971.75 (kg/cm<sup>2</sup>). Finally, it is concluded that, taking into account the age of 28 days of its elaboration, age where the concrete reaches its maximum resistance, when substituting in a percentage of 10 % and 15 % the specimens do not exceed the standard resistance of 354.01 kg/cm<sup>2</sup>, but if the sample D2 - 5 % RES with 5 % of substitution which achieved a result of 366.30 kg/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Polyurethane, concrete, cement substitution, compressive strength.

## **Introducción**

En la investigación titulada “Comportamiento del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas” tiene como finalidad evaluar el comportamiento del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas, pues el concreto es uno de los materiales más utilizados en la construcción, pero su versatilidad tiene un inconveniente: no se lleva bien con la humedad, los cambios de temperatura, y la acción de sustancias como sulfatos y cloruros, esto provoca problemas como la disminución de la resistencia y la fatiga.

Este estudio se enfoca en analizar cómo se comporta el concreto al sustituir parcialmente el cemento por resina de poliuretano, especialmente con miras a su aplicación en losas aligeradas. Para llevar a cabo esta evaluación, se realizarán pruebas de laboratorio que examinarán las propiedades del concreto al incorporar poliuretano en cantidades del 5%, 10% y 15%, tanto en su estado fresco como en su estado endurecido, a continuación, se detalla la descripción de cada uno de los capítulos de la investigación.

Capítulo I: Planteamiento del problema. – En este capítulo se tiene la descripción de la realidad problemática, delimitación del problema, la formulación del problema, las justificaciones y los objetivos planteados.

Capítulo II: Marco teórico. – Se describe los antecedentes nacionales e internacionales, bases teóricas referente a la oferta y demanda hidráulica, asimismo se complementará con el marco conceptual.

Capítulo III: Hipótesis. – Se especificará la hipótesis general y específicas, asimismo se realizará la definición y operacionalización de variables.

Capítulo IV: Metodología. – Se aborda el método, tipo, nivel y el diseño de la investigación, junto con la población y muestra, así como las técnicas de procesamiento y los aspectos éticos inherentes a la investigación.

Capítulo V: Administración del plan. – Se detalla la administración del plan mostrando el presupuesto y cronograma de ejecución de la investigación.

Capítulo VI: Referencia bibliográficas. – En este capítulo se encuentran los anexos en el cual contiene la matriz de operacionalización de las variables.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

La importancia del concreto en la construcción es innegable, pues de acuerdo a Egoavil (2018), es uno de los materiales más empleados para la elaboración de obras civiles, además, según Quispe (2018), es un material que supera en factibilidad a elementos como la madera y el acero; sin embargo, esta versatilidad tiene como desventaja su comportamiento en condiciones de exposición a la humedad, variación de temperatura, ataque de sulfatos y cloruros, etc. Lo cual origina problemas en su comportamiento, tales como la baja resistencia y la fatigas.

Lo descrito anteriormente, demuestra que el concreto puede ser un material que a largo plazo tienen problemas, un ejemplo de ello es Estados Unidos, donde las reducidas propiedades del concreto han generado en el año 1990 la cuantiosa suma de 40 000 millones de dólares para la reparación de estructuras en puentes.

En el Perú, dicha problemática es frecuente, pues varias de las construcciones de concreto presentan fallas antes de cumplir su tiempo de vida afectando a los usuarios económicamente.

A nivel local, y especialmente en el distrito de Pangoa, el uso del concreto se ha incrementado, especialmente en la construcción de obras civiles ejecutadas por el gobierno local, sin embargo, la humedad, temperatura y otros factores, han generado visibles problemas que representan un incremento en el costo de mantenimiento y rehabilitación.

Las deficiencias del concreto, en general, se deben a que sus componentes no son los adecuados, haciéndolos más vulnerables en zonas húmedas, pues Rodríguez (2021), determinó que pueden tener una afectación de hasta un 90 % de las viviendas. Esto

ocasiona que el mantenimiento de estas estructuras sea más costoso a largo plazo, además las vuelven más vulnerables ante la acción de fuerzas sísmicas.

Ante ello, surge la necesidad de estudiar materiales que puedan mejorar las propiedades del concreto, siendo uno de esto el poliuretano, el cual según Jia et al. (2021) puede ser un compuesto adicional para la elaboración del concreto, pues no reduce la resistencia, además impermeabiliza su superficie, haciéndolo más resistente a la humedad otorgándole mayor resistencia química (Aminu y Musa, 2021). Otro aspecto resaltante de este compuesto, es que se encuentra presente en diversos materiales como pisos, acabados y pinturas, los cuales no posee un uso alternativo ni son reciclados; sin embargo, con un adecuado tratamiento ofrece una óptima unión con el árido del concreto.

Es por lo descrito, que el presente trabajo de investigación consideró como principal finalidad estudiar la implicancia del poliuretano en el concreto, pues si bien existen investigación que mencionan su factibilidad de uso, no determinan una dosificación óptima, por lo cual se evaluarán propiedades como el asentamiento, la resistencia a la compresión, etc.

## **1.2. Delimitación del problema**

### **1.2.1. Espacial**

El desarrollo se realizó en el distrito de Pangoa, provincia de Satipo en el departamento de Junín.

### **1.2.2. Temporal**

El desarrollo de la presente investigación requirió un periodo de cinco meses, el cual inició en junio y culminó en octubre del 2023.

### **1.2.3. Económica**

La ejecución de la presente investigación implicará una inversión económica, la cual será asumida por el investigador.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es comportamiento del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo se modifica el contenido de aire del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?
- b) ¿Cuál es la variación del slump del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?
- c) ¿Cómo se modifica el fraguado del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?
- d) ¿Cuál es la variación de la exudación del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?
- e) ¿Cómo se modifica la resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?
- f) ¿Cuál es la variación del módulo de elasticidad indirecto del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Práctica**

El estudio del concreto con elementos que puedan mejorar su impermeabilización es un aspecto de gran relevancia en la actualidad, pues con ello se puede generar un impacto positivo en lugares agrestes en el que elementos como las sales y la humedad pueden perjudicar su comportamiento, haciéndola vulnerable. Es por lo descrito, que el desarrollo de esta investigación presentó la justificación social, pues se pretendió otorgar una alternativa de solución estableciendo una dosificación adecuada del poliuretano en el concreto, el cual cumpla con las recomendaciones establecidas en las normas peruanas vigentes.

### **1.4.2. Teórica**

Por las características del presente trabajo, no se contó con una justificación teórica, ya que esta solo estuvo orientada a demostrar la aplicación del poliuretano en las propiedades del concreto, más no establecer o debatir conocimientos existentes.

### **1.4.3. Metodológica**

La justificación metodológica de una investigación está ligada al desarrollo procedimental que se pueda obtener con ella, en este sentido, dicha justificación estuvo enmarcada en la determinación de una metodología para establecer las dosificaciones adecuadas del poliuretano en el concreto. Con ello se buscó plantear un procedimiento que pueda servir de guía para futuras investigaciones.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar el comportamiento del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la modificación del contenido de aire del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.
- b) Cuantificar la variación del slump del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.
- c) Determinar la modificación del fraguado del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.
- d) Cuantificar la variación de la exudación del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.
- e) Determinar la modificación de la resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.

- f) Cuantificar la variación del módulo de elasticidad indirecto del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Nacionales**

Egoavil (2018) en su tesis titulada “Determinación del coeficiente de conductividad térmica del concreto con aditivo de poliuretano residual”, donde estableció determinar el coeficiente de conductividad térmica de un conglomerado de concreto ligero con aditivos de poliuretano residual mediante pruebas en laboratorio, por ende, realizó muestras de concreto ligero con residuos de poliuretano usando la dosificación de cemento y agregado en una relación de 1 a 3 respecto al peso, que se conoce como la dosificación 3UP25, también sustituyó el 25 % de arena por poliuretano en volumen y determinó el coeficiente de conductividad térmica mediante el aparato de placa caliente con guarda (APCG), obtuvo como resultado que el uso de merma de placas de poliuretano en concreto trae consigo una baja conductividad térmica en el mismo, por lo cual el valor del aislamiento térmico se incrementó en un 79 % en comparación al concreto simple. Concluyó que el conglomerado de concreto ligero presentó una menor conductividad térmica y las mermas de placas de poliuretano incrementaron el aislamiento térmico al ser usado como agregado.

Rodriguez (2021) en su investigación titulada “Aplicación de poliuretano líquido en la impermeabilización de cimentaciones superficiales para edificaciones en zonas con presencia de nivel freático – Lima”, cuyo propósito fue reducir la permeabilidad de las cimentaciones superficiales en aquellas edificaciones que se ubican en zonas con presencia de alto nivel freático, para tal fin realizó un diseño de mezcla por método ACI

(American Concrete Institute) con una resistencia de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$  que llega a ser una resistencia promedio para las edificaciones en el Perú, además realizó una probeta de concreto como muestra patrón con resistencia de 20 MPa y tres probetas de concreto donde recubrió con una capa de imprimación con poliuretano líquido que codificó como M1(A), M2(B) y M3(C), como resultado encontró que el concreto patrón tiene una mayor velocidad de succión a comparación con las muestras incorporadas con poliuretano líquido. Finalmente concluyó que la aplicación de poliuretano líquido reduce la permeabilidad en las cimentaciones superficiales.

Quispe (2018) en su tesis titulada “Aplicación de técnicas sostenibles de reparación de la fisuración del concreto armado en edificaciones” cuyo objetivo fue proponer técnicas sostenibles de reparación de la fisuración del concreto armado a base de poliuretano, siliconas, acrílicos y otros, para tal fin recabó data de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y cotejó con la realidad de las edificaciones existentes del Perú, también se basó en denuncias por fisuración en Lima Top dentro de ellas se encuentran los distritos de San Isidro, Miraflores, San Borja, Santiago de Surco y La Molina, asimismo, se basó en los consejos de empresas que se dedican a las soluciones constructivas. Concluyó que es razonable usar estas técnicas en el Perú.

### **2.1.2. Internacionales**

Aminu y Musa (2021) en su investigación titulada “Modificación de mortero como hormigón mediante resina de poliuretano”, cuyo propósito fue estudiar los efectos de la resina de poliuretano no hidrosoluble utilizada en la modificación de morteros de concreto. Para tal fin, realizaron cubos de mortero de concreto con medidas de  $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}$ , a su vez usaron cemento Portland ordinario común el cual reemplazaron con resinas de poliuretano no hidrosoluble en porcentajes de 0 % (muestra control), 15 %, 25 % y 35 % en masa de poliuretano, para ello prepararon ocho cubos de mortero que tuvieron una proporción de mezcla de 1:6 de aglutinante a arena fina, luego vertieron el mortero al molde de cubo para proceder con la compactación por 25 golpes en 8 segundos cuyo fin fue eliminar el aire atrapado, después curaron en agua limpia durante 24 horas para así ser sometidas a una carga uniforme de  $2.4 \text{ kN/s}$  esta prueba realizaron para 7, 14 y 28 días de resistencia a la compresión. Los resultados obtenidos fueron que el polímero modificado con 15 % de poliuretano no logra la resistencia a comparación con la muestra control que llegó a  $3 \text{ N/mm}^2$  por otro lado los polímeros modificados con porcentajes

mayores al 15 % tuvieron un efecto significativo en la resistencia a la compresión pues lograron un  $9 \text{ N/mm}^2$  y  $11 \text{ N/mm}^2$ . Concluyeron, con un mayor reemplazo de porcentaje de cemento Portland por la resina de poliuretano no hidrosoluble aumenta considerablemente la resistencia a la compresión para los morteros de concreto.

Harith (2018) en su investigación titulada “Estudio sobre hormigón celular con espuma de poliuretano para uso en aplicaciones estructurales”, cuyo objetivo fue hallar la aplicabilidad para producir hormigón celular usando poliuretano como agente espumante y como material de construcción, para ello realizó muestras de prismas, cilindros y cubos a base de Cemento Portland ordinario tipo I, cenizas volantes tipo F, arena natural, agente reductor de agua de alto rango (HRWRA) Glenium 51 y agua de grifo, realizó el curado mediante cuatro regímenes diferentes como humedad, agua, aire y sellado por compuesto formador de membrana, así mismo ensayaron 72 cubos de concreto de  $100 \times 100 \text{ mm}$  usando una máquina de compresión de 1800 KN, a una carga de 18 MPa por minuto esta prueba ejecutó a los 7, 28 y 56 días; para el ensayo de contracción utilizó prismas de  $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$  el cual retiró las muestras del molde después de 24 h, por ende, las lecturas realizó a los 3, 7, 14, 21, 28 y 56 días a distintos tipos de curado; por otro lado para el módulo de elasticidad, probó 48 cilindros de  $150 \times 300 \text{ mm}$  a los 7, 14 y 28 días. A los resultados que llegó fue, las muestras que curó por humedad y el curado por compuesto formador de membrana tuvo mayor resistencia a la compresión 20 MPa a 32 MPa, también las mezclas de hormigón celular con y sin cenizas volantes tipo F al ser curado con el compuesto formador de membrana presentó una mayor resistencia a la compresión a comparación con el curado de agua y aire, además el hormigón celular de poliuretano con cenizas volantes presentó una mayor resistencia a la compresión al ser comparado con el poliuretano de hormigón celular sin cenizas volantes. Finalizó que la espuma de poliuretano al ser usado con hormigón celular demostró el potencial adecuado para las aplicaciones estructurales.

Lei et al. (2022) en su investigación de título “Estudio de propiedades mecánicas del concreto de poliuretano modificado a diferentes temperaturas”, donde tuvo por objetivo estudiar el efecto de la temperatura sobre las propiedades mecánicas del concreto de poliuretano modificado, para tal fin fabricaron 24 probetas cúbicas y 27 prismáticas con la siguiente dosificación de agregado grueso 29.6 %, agregado fino 54.9 %, poliuretano modificado 15.3 % y mezcla 0.2 %, llegaron a realizarlo mediante el ensayo

de compresión, el ensayo de tracción por división y el ensayo estático de compresión uniaxial, todos estos fueron llevados a una temperatura de 0, 15, 40 y 60 °C. Por tanto, a medida que aumenta la temperatura de 0 a 60 °C notaron que la resistencia a la compresión cúbica, la resistencia a la compresión axial y la resistencia a la tracción por división del hormigón de poliuretano modificado disminuyen en un 67.1 %, 73.3 % y 66.4% respectivamente en cambio por el aumento de temperatura la deformación última y la deformación máxima aumentan considerablemente. Concluyeron que la temperatura afecta significativamente a las propiedades mecánicas del concreto de poliuretano modificado.

## **2.2. Bases teóricas o científicas**

### **Poliuretano**

Polímero sintético obtenido a partir de la condensación de diisocianatos y bases hidroxílicas. Se dividen en termoestables y termoplásticos (Egoavil, 2018).

El poliuretano presenta las siguientes propiedades:

- Presenta una baja conductividad térmica.
- Excelente aislante térmico y perfecto impermeabilizante.
- Presenta un tiempo de vida indefinido.
- Buena resistencia a los productos químicos.

Dentro de los termoplásticos están los poliuretanos líquidos, estos se usan como pinturas por su buena durabilidad y ser un excelente impermeabilizante. También es usado para revestir el acero estructural en construcciones porque protege del agua y humedad. La principal función del poliuretano líquido es impedir el paso de agua, asimismo lo usan como acabados debido a su rápido poder de secado (Rodríguez, 2021). En la Figura 2.1, se exhibe la presentación del aditivo, el cual viene en formato de botella con contenido líquido, denominado como plástico líquido.



Figura 2.1. Resina de poliuretano.  
Fuente: Ruiz (2020).

### **Concreto**

Material constituido básicamente de cemento, arena y piedra, llega a ser el más utilizado en el mundo por su excelente resistencia, durabilidad y manejabilidad (Metha y Monteiro, 2008).

De acuerdo a Sánchez (2000), algunos factores básicos para el diseño de una muestra de concreto son :

- Economía.
- Velocidad de fraguado.
- Durabilidad.
- Resistencia.
- Impermeabilidad.
- Peso unitario.
- Apariencia adecuada.

### **Contenido de aire en el concreto fresco método de presión**

El ensayo de contenido de aire es para determinar el cambio de volumen de concreto debido a la variación de presión sobre él. Se tiene en consideración la normativa peruana NTP 339.083 y la internacional ASTM C 173 que es el método volumétrico (MTC, 2016).

Durante el mezclado de concreto se introduce el volumen de aire, su liberación es importante para llegar a la resistencia de diseño y se elimina por procesos de compactación (Sánchez, 2000).

También es factible la incorporación aire al concreto con la finalidad de aumentar su manejabilidad, con ello este material se vuelve manejable debido a que las burbujas de aire incrementan la cantidad de pasta (Sánchez, 2000).

Se muestra en la Tabla 2.1 los porcentajes de aire atrapado de acuerdo al tamaño nominal del agregado grueso.

Tabla 2.1. Contenido de aire en mezcla de concreto para varios tamaños de agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de aire naturalmente atrapado (promedio) %	Contenido de aire total recomendable (atrapado + incorporado) %
mm	pulg	%	%
9.51	3/8	3	4.5 - 7.5
12.50	1/2	2.5	4.0 - 7.0
19.10	3/4	2	3.5 - 6.0
25.40	1	1.5	3.0 - 6.0
38.10	1 1/2	1	2.5 - 5.5
50.80	2	0.5	2.0 - 5.0
76.10	3	0.3	1.5 - 4.5
152.00	6	0.2	1.0 - 4.0

Fuente: Sánchez (2000).

Para el ensayo existen dos tipos de medidores de aire, el medidor tipo A, cuya finalidad es adicionar agua a la muestra de concreto para después incorporar presión mediante el cual se observa la disminución de nivel, la cual baja por el descenso de volumen de aire en la muestra de concreto (MTC, 2016).

Como se ha descrito, para el desarrollo del ensayo, se utiliza el medidor tipo A, cuyos detalles se muestra en la Figura 2.2 adjunta a continuación.

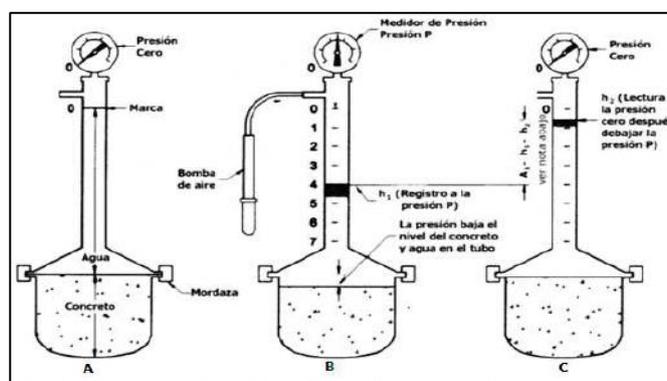


Figura 2.2. Medidor tipo A.

Fuente: MTC (2016).

Otro método para la medición del contenido de aire en el concreto, es mediante la aplicación del medidor tipo B (ver Figura 2.3), mediante el cual se nivela la cantidad de aire conocido con el desconocido con presiones que oscilan entre 51 kPa a 207 kPa (MTC, 2016).

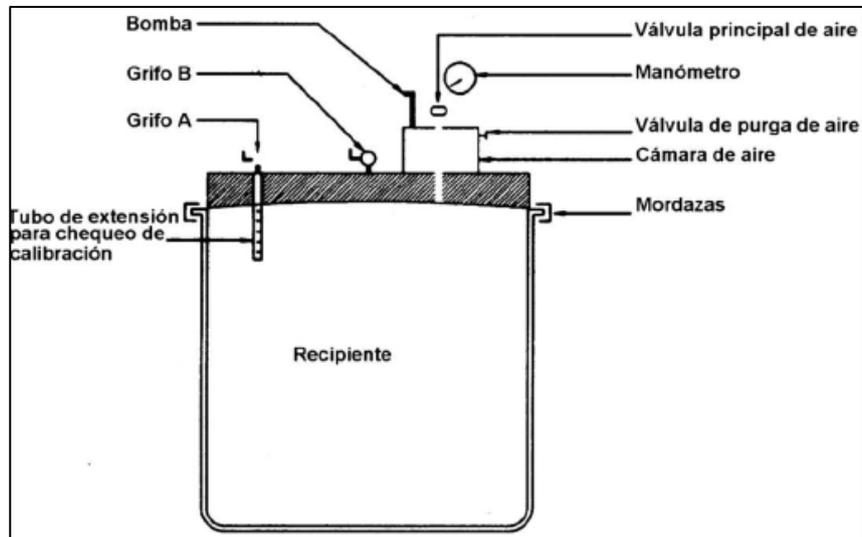


Figura 2.3. Medidor tipo B.  
Fuente: MTC (2016).

### Asentamiento del concreto (Slump)

Es el más conocido para medir la manejabilidad del concreto debido a su simplicidad, pues es una prueba que mide la fluidez o consistencia de la mezcla de concreto (Sánchez, 2000).

El asentamiento del concreto mediante la medición del slump debe estar en concordancia con la normativa peruana NTP 339.035 (método de ensayo para la medición del asentamiento de concreto de cemento Portland); además este método no es aplicable si el concreto no es cohesivo (MTC, 2016).

Para el desarrollo del ensayo de slump, se utiliza un molde metálico con un interior a la superficie lateral de un tronco de cono de diámetro en la base mayor de  $203 \pm 2$  mm y de diámetro en la base menor de  $102 \pm 2$  mm, con una altura de  $305 \pm 2$  mm. En el molde existen como una especie de azas para sujetarlas con las manos y en la parte inferior dos dispositivos ubicados de manera frontal que serán sujetadas por los pies, como se puede apreciar en la Figura 2.4. También se usa una varilla compactadora cilíndrica de hierro liso (MTC, 2016).

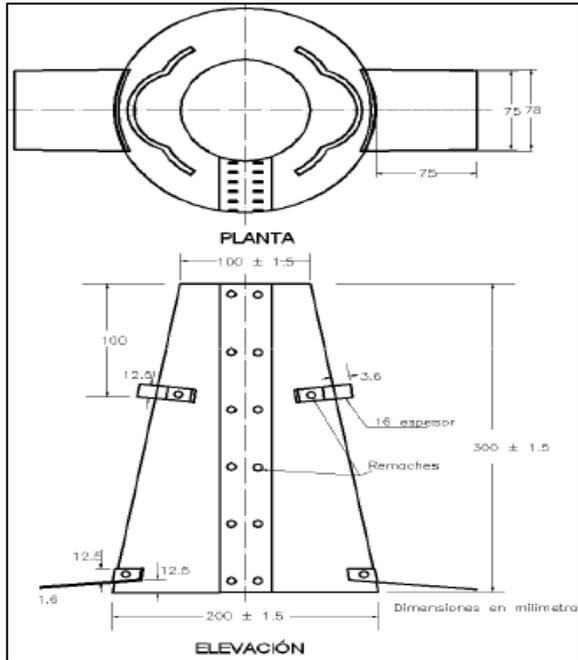


Figura 2.4. Molde para determinar el asentamiento.  
Fuente: MTC (2016).

Posteriormente se realiza el llenado de concreto en el cono de Abrams en tres partes donde por capa le corresponde compactarle con 25 golpes de la varilla de hierro liso en forma espiral hacia dentro, cuando se haya llenado la última capa con la mezcla de concreto se procede a alzar el molde de forma uniforme en un tiempo de 2 a 5 segundos. Inmediatamente se procede a medir el asentamiento que es la diferencia entre la altura del molde y la altura del espécimen tal como se muestra en la Figura 2.5 (MTC, 2016).

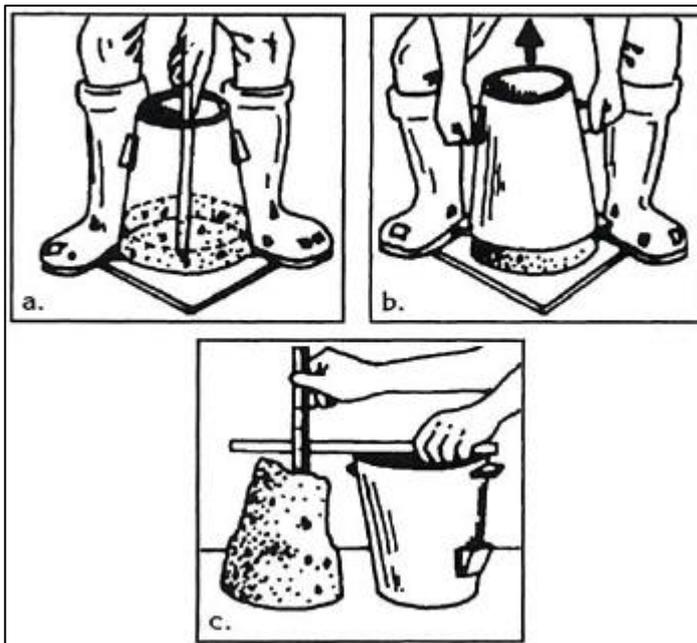


Figura 2.5. Ensayo de asentamiento.  
Fuente: Sánchez (2000).

Existen diferentes valores de asentamiento (ver Tabla 2.2) para el concreto de acuerdo a su manejabilidad, también para diferentes tipos de estructuras, y de acuerdo a su colocación y método de compactación a usar (Rivera, 2007).

Tabla 2.2. Valores de asentamiento para el concreto.

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0 - 20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación	Con vibradores de formaleta, concretos lanzados	Secciones sujetas a vibración extrema
Seca	20 - 35	Pavimentos	Pavimentadoras con terminadora vibratoria	Secciones sujetas a vibración intensa
Semiseca	35 - 50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple. Losas poco reforzadas	Colocación con máquinas operadas manualmente	Secciones simplemente reforzadas con vibración
Media (plástica)	50 - 100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	Colocación manual	Secciones simplemente reforzadas con vibración
Húmeda	100 - 150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados	Bombeo	Secciones bastante reforzadas con vibración
Muy húmeda	150 - 200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos	Tubo embudo tremie	Secciones altamente reforzadas sin vibración
Super Fluida	Más de 200	Elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante	Secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse

Fuente: Rivera (2007).

### **Fraguado**

Es la velocidad en que se endurece el concreto fresco, se da al pasar del estado plástico al estado sólido (Sánchez, 2000).

El tiempo de fraguado inicial y final se determina mediante el equipo de Vicat (ver Figura 2.6). Por lo cual se debe tener en cuenta lo establecido en la NTP 334.006 que

corresponde a la determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat (MTC, 2016).

El procedimiento consiste en que una vez obtenida la muestra de pasta de cemento se forma una masa redonda con ambas manos y esta se pasa de mano a mano por 6 veces, luego se llena completamente el molde retirando el exceso de pasta de la parte superior, luego se coloca un vidrio por encima y finalmente se gira el molde más el vidrio donde el vidrio queda de base y debemos alisar la parte superior del molde (MTC, 2016).

Antes de la aplicación del instrumento denominado “aguja de Vicat”, se debe tener la masa de concreto en un lugar húmedo por un tiempo de 30 minutos, con ello se realiza la penetración de la aguja a una profundidad de 1mm, después se realiza el mismo procedimiento cada 15 minutos hasta obtener una penetración menor o igual a 25 mm. La aguja debe penetrar por 30 segundos e inmediatamente se realiza la lectura de penetración (MTC, 2016).

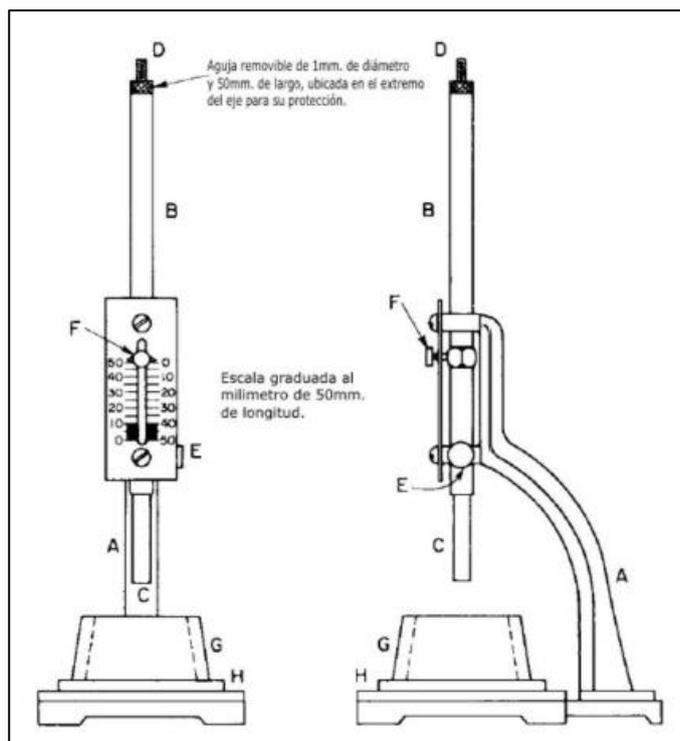


Figura 2.6. Equipo de Vicat.  
Fuente: MTC (2016).

### Exudación

También llamada sangrado, y puede comprenderse como aquella parte del agua que se eleva a la parte superior del concreto fresco (Sánchez, 2000).

Otra definición, la establece como el agua que destila del concreto fresco, además su ejecución está fundamentada en las especificaciones de las normas técnicas peruanas como la NTP 339.077.

Existen dos métodos para la realización de este ensayo, el método A para muestras compactadas por apisonado y el método B para una mezcla consolidada por vibración (MTC, 2016).

Para calcular el volumen de agua exudada ya sea por el método A o B se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{V_1}{A}$$

Donde:

$V_1$  = volumen de agua exudada (ml)

A = área del concreto (cm<sup>2</sup>)

Con la formula anterior, se puede estimar la cantidad de agua exudada, la cual se expresa como un porcentaje de la cantidad de agua utilizada en la mezcla, para ello se aplica la siguiente fórmula.

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{D}{C} \times 100$$

Complementariamente, la determinación de la cantidad de agua total en la muestra se estima mediante la aplicación de:

$$C = \frac{W}{M} \times S$$

C = masa de agua en la muestra (g)

M = masa total de la mezcla (kg)

W = mezcla de agua total (kg)

S = masa de la muestra (g)

D = masa del agua exudada (g)

## Permeabilidad del concreto

La permeabilidad del concreto es la capacidad que tiene para ser atravesado por un fluido sin alterar su composición. Básicamente la permeabilidad del concreto depende de la porosidad del cemento y sus agregados (Sánchez, 2000).

Para determinar la permeabilidad del concreto se puede utilizar un permeámetro (ver la Figura 2.7), que está compuesto por un cilindro de 30 cm donde se almacena el agua, una válvula y por último un tubo de drenaje (ACI-522R, 2006).

El procedimiento para medir la permeabilidad del concreto según el ACI-522R es colocar la muestra de concreto (10 cm de diámetro y 15 cm de altura), en la base del cilindro graduado y debe estar presionado para evitar la fuga del agua por la parte inferior y los costados. Inmediatamente se abre la válvula que está conectada al tubo de drenaje por donde sale el agua que se filtre (ACI-522R, 2006).

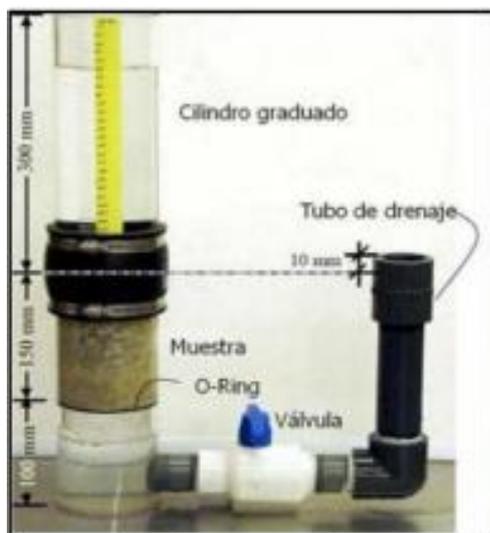


Figura 2.7. Permeámetro según el ACI – 522R.  
Fuente: ACI-522R (2006).

## Resistencia a la compresión

Es la característica mecánica principal del concreto endurecido, es expresada generalmente en  $\text{kg/cm}^2$  también según el Sistema Internacional de Unidades se expresa en MPa (Sánchez, 2000).

Se realiza según la NTP 339.034 que es el método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, donde se le aplica una carga axial a los cilindros de concreto a una determinada velocidad de carga hasta que falle (MTC, 2016).

El ensayo a la compresión se realiza una vez retirada las muestras de las pozas de curado, se ensaya en condiciones húmedas. Se limpia la base superior e inferior de las muestras para así colocarlas en el equipo de compresión y se empieza aplicar una carga a velocidad de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s hasta que falle y alcance la carga última. Finalmente para determinar la resistencia a la compresión se divide la carga máxima alcanzada entre el área de la sección transversal de la espécimen (MTC, 2016).

Como resultado de la ejecución del ensayo de compresión, es común observar los diferentes tipos de falla en las probetas, las cuales se muestran en la siguiente Figura 2.8.

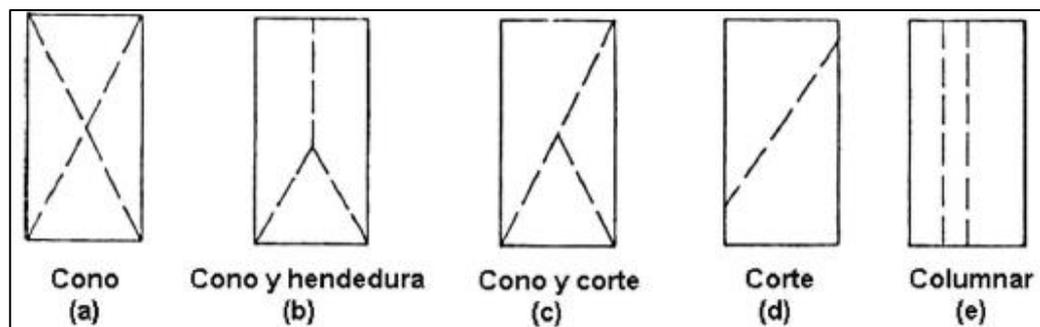


Figura 2.8. Esquemas de los tipos de falla  
Fuente: (MTC, 2016).

### Módulo de elasticidad

Se determina con la división del esfuerzo normal y la deformación unitaria (MVCS, 2020).

El módulo de elasticidad para concreto se determina para un peso unitario que se encuentran entre  $1450$  y  $2500$   $\text{kg/m}^3$ , con la siguiente fórmula:

$$E_c = (wc)^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c}$$

Cuando el peso unitario sea aproximadamente  $2300$   $\text{kg/m}^3$ , se podrá suponer igual a la expresión:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$$

Donde:

$wc$  = peso unitario

$E_c$  = módulo de elasticidad (MPa)

## **Densidad, absorción y vacíos en concreto endurecido**

Este ensayo según la Norma ASTM C 642 es para verificar las diferencias de masa en el concreto en diferentes puntos.

Para el desarrollo de este ensayo se necesita un espécimen no menor a 350 cm<sup>3</sup> o de aproximadamente 800 g, los moldes para el ensayo suelen ser cilindros o vigas, deben estar en forma uniforme sin fisuras, hendiduras ni bordes quiñados (INACAL, 2022).

El procedimiento para determinar la densidad, absorción y vacíos del concreto endurecido es pesar y llevar al horno 24 horas como mínimo hasta obtener un espécimen seco, luego del enfriado se sumerge en agua a 21 °C por 48 horas para posteriormente estimar su masa. Asimismo, se necesita la masa saturada después de la ebullición en agua y por último la masa aparente sumergida (INACAL, 2022).

### **2.3. Marco conceptual**

- **Diseño de mezcla:** Procedimiento para elaborar una combinación de agregados, cemento, agua y aditivos respetando ciertos parámetros establecidos según la NTP (Metha y Monteiro, 2008).
- **Resistencia:** Capacidad de un material para oponerse a fuerzas externas y evitar fallar. Generalmente las fallas se muestran en forma de grietas o fisuras (Metha y Monteiro, 2008).
- **Moldes:** Son estructuras hechas de acero u otro material no absorbentes, tiene forma cilíndrica que sirven para la elaboración de moldes de concreto (MTC, 2016).
- **Impermeabilidad:** Proceso para volver impermeable a un material y logre ser resistente al agua y a la humedad (Rodriguez, 2021).

## **CAPÍTULO III: HIPÓTESIS**

### **3.1. Hipótesis general**

El concreto incrementa sus propiedades al sustituir parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.

### **3.2. Hipótesis específicas**

- a) El contenido de aire del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se acentúa significativamente.
- b) El slump del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente.
- c) El fraguado del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se retrasa significativamente.
- d) La exudación del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se reduce significativamente.
- e) La resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente.

- f) El módulo de elasticidad indirecto del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente.

### 3.3. Variables

#### 3.3.1. Definición conceptual de las variables

**Variable dependiente (X) Poliuretano:** Es una resina reactiva el cual tiene como finalidad consolidar una estructural con el fin de evitar el paso del agua. Este material ofrece una combinación única de propiedades, como flexibilidad, resistencia a la abrasión, aislamiento térmico y resistencia química (Ccente y Poma, 2022).

**Variable independiente (Y) Propiedades del concreto:** Son las características del concreto mediante la cual se puede especificar el comportamiento físico y mecánico en estado fresco y endurecido (Kosmatka et al., 2004). Estas propiedades incluyen resistencia a la compresión, durabilidad, permeabilidad, trabajabilidad y densidad, el entendimiento y la manipulación de estas propiedades son cruciales para diseñar y construir estructuras duraderas y eficientes (López, 2019).

#### 3.3.2. Definición operacional de las variables

**Variable dependiente (X) Poliuretano:** La medición de esta variable estuvo contemplada mediante la sustitución del cemento por poliuretano en proporciones de 5 %, 10 % y 15 %.

**Variable independiente (Y) Propiedades del concreto:** La medición de las propiedades del concreto estuvieron definidas por la determinación de contenido de aire, slump, fraguado, exudación, absorción, permeabilidad, resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad.

#### 3.3.3. Operacionalización de las variables

En la tabla presentada en la siguiente página se expone la operacionalización de las variables para la ejecución de la investigación.

Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.

	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidades</b>
<b>Variable independiente (X): Poliuretano</b>	Cantidad de Poliuretano	5%	%
		10%	%
		15%	%
<b>Variable dependiente (Y): Propiedades del concreto</b>	Propiedades en estado fresco	Contenido de aire	%
		Slump	pulgadas
		Fraguado	min
		Exudación	%
	Propiedades en estado endurecido	Resistencia a compresión	kg/cm <sup>2</sup>
		Módulo de elasticidad indirecto	kg/cm <sup>2</sup>

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA**

### **4.1. Método de investigación**

El método de investigación que se tomó en cuenta para el desarrollo de la presente investigación consistió en el científico, pues de acuerdo a Hernández et al. (2014) mediante esta se buscó generar conocimiento nuevo y confiable, para lo cual se siguieron sus principales pasos como el planteamiento del problema, la formulación de hipótesis y su comprobación mediante experimentos, para finalmente establecer conclusiones generales.

### **4.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación aplicada establece mediante la definición propuesta por Borja (2016) considerar la utilización del conocimiento existente para establecer posibles alternativas de solución al problema de investigación.

En concordancia a lo mencionado, esta investigación fue del tipo aplicada debido a que para su desarrollo se tuvo en cuenta conocimiento ya cimentado tal como, el diseño de mezcla del concreto, las normas que regulan su comportamiento y principalmente el efecto que poseen materiales como el poliuretano en su composición, con la finalidad de establecer como puede incidir el poliuretano en su comportamiento y por ende en su factibilidad de uso en elementos estructurales como viviendas.

### **4.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación explicativo consiste en establecer y determinar relación de causa y efecto entre dos o más variables, para lo cual es necesario cierto grado de manipulación entre dichas variables. Ello hace que este tipo de nivel sea más profundo en cuanto a investigación pues establece el porqué de dicha relación Hernández et al. (2018).

Es por lo mencionado que para el desarrollo de la presente investigación se ha considerado el nivel explicativo, pues se ha visto por convenientes establecer la determinación de la relación de causa y efecto entre las variables involucradas, para lo cual se tuvieron que establecer grupos de control, mediante las cuales se compararon el comportamiento del concreto con poliuretano en su composición.

### **4.4. Diseño de la investigación**

Los diseños de investigación experimentales consideran aquellas que toman como referencia, la manipulación deliberada de una de las variables, con la finalidad de poder establecer el efecto en la variable dependiente (Bernal, 2010).

En tal sentido, el desarrollo de la presente investigación consideró el diseño experimental, debido a que se manipularon en tres proporciones la variable independiente para establecer el efecto que este posee en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

### **4.5. Población y muestra**

#### **4.5.1. Población**

La población que se consideró durante el desarrollo de la presente investigación fue el concreto con poliuretano para un  $f'c$  de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> para ser empleado en losas aligeradas.

#### **4.5.2. Muestra**

La muestra de acuerdo con el muestreo probabilístico correspondió a un total de 320 especímenes, de acuerdo a la siguiente fórmula para poblaciones infinitas:

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2} = \frac{2^2 * 50 * 50}{5.6^2} = \frac{10000}{32} = 320$$

Lo cual estuvo distribuido entre cada uno de los grupos a considerar, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Descripción de muestras de investigación.

<b>Propiedades</b>	<b>Concreto patrón</b>	<b>C + 5 % Poliuretano</b>	<b>C + 10 % Poliuretano</b>	<b>C + 15 % Poliuretano</b>
Contenido de aire	10	10	10	10
Slump	10	10	10	10
Fraguado	10	10	10	10
Exudación	10	10	10	10
Resistencia a compresión a 7 días	10	10	10	10
Resistencia a compresión a 14 días	10	10	10	10
Resistencia a compresión a 28 días	10	10	10	10
Módulo de elasticidad indirecto	10	10	10	10

#### **4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.6.1. Técnicas**

Entre las principales técnicas que se consideraron para el desarrollo de la presente investigación fueron:

**La observación:** Es una técnica mediante la cual se obtienen el registro sistemático de datos empíricos con la finalidad de medir las características del objeto en estudio. Es por ello que su aplicación en el desarrollo de esta investigación fue de vital importancia, especialmente en el proceso de la experimentación en laboratorio.

**Experimentación:** Es una técnica mediante la cual, el investigador manipula las variables con la finalidad de establecer relaciones de causa y efecto.

##### **4.6.2. Instrumentos**

Es importante tener presente que los instrumentos de recolección de datos son aquellos que son necesarios para la medición de las variables que componen la investigación, por ello, para el desarrollo de esta investigación se consideraron aquellos

establecidos por las normativas peruanas vigentes, pues mediante ellas se asegura su confiabilidad para la medición de todos los parámetros que impliquen el desarrollo de la tesis.

#### **4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

##### **4.7.1. Procesamiento**

El procesamiento de la información es la etapa que se realizó después de la recolección de información, pues su fin es establecer técnicas necesarias para la interpretación de los datos.

Para el caso de la presente investigación se consideró un enfoque cuantitativo, por lo que se aplicaron métodos estadísticos descriptivos como la media, la desviación estándar y la distribución de frecuencias, con la finalidad de establecer generalizaciones que implique su proyección a la población en estudio. Para ello se consideraron la aplicación de programas especializados como SPSS y Microsoft Excel.

##### **4.7.2. Análisis**

Las técnicas para el análisis de los datos fueron abordadas desde dos puntos de vista.

Desde un enfoque descriptivos, se consideraron técnicas como la media, la desviación estándar y la determinación de las variaciones porcentuales. Por su parte, desde el enfoque inferencial, se aplicaron aquellas técnicas basadas en la estadística inferencial, tales como el análisis ANOVA o en su defecto, Kruskal-Walis.

#### **4.8. Aspectos éticos de la investigación**

En la realización de este estudio, se han tenido en cuenta aspectos éticos fundamentados en dos principales directrices universitarias: la veracidad de la información y el consentimiento informado. A lo largo de la investigación, se garantizará que ni el ecosistema ni los habitantes de la zona de estudio se vean afectados de manera directa o indirecta, ya sea durante la preparación del concreto o en los análisis de laboratorio.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Con el propósito de Realizar una evaluación del desempeño del hormigón al sustituir parcialmente el cemento por resina de poliuretano con el objetivo de emplearlo en la construcción de losas, se procedió a sustituir en porcentajes de 5 %, 10 % y 15 % y evaluar el comportamiento de sus propiedades como el contenido de aire, slump, fraguado, exudación, absorción, compresión etc., a las edades de 1, 3, 7, 14, 21 y 28 días como se detalla a continuación:

Inicialmente fueron identificados y descritos los agregados que se utilizaron en las mezclas durante los experimentos de laboratorio como el ensayo granulométrico. Los resultados que se obtuvieron para el agregado grueso se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 5.1. Granulometría agregado grueso.

<b>Tamiz</b>	<b>Diámetro del tamiz</b>	<b>Peso retenido (gr)</b>	<b>(%) Retenido</b>	<b>(%) Ret acumulado</b>	<b>(%) que pasa</b>
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	197.10	9.93	9.93	90.07
1/2"	12.700	586.90	29.56	39.49	60.51
3/8"	9.525	446.30	22.48	61.96	38.04
N° 4	4.750	652.10	32.84	94.81	5.19
N° 8	2.360	65.70	3.31	98.12	1.88
N° 16	1.180	0.00	0.00	98.12	1.88
N° 30	0.590	0.00	0.00	98.12	1.88
N° 50	0.297	0.00	0.00	98.12	1.88
N° 100	0.149	0.00	0.00	98.12	1.88
FONDO	0.000	37.40	1.88	100.00	0.00
	Suma	1985.5	100.00		

En la Figura 5.1, nos detalla la curva granulométrica que presenta el ensayo al agregado grueso teniendo en cuenta el límite mínimo y máximo de acuerdo al huso 67.

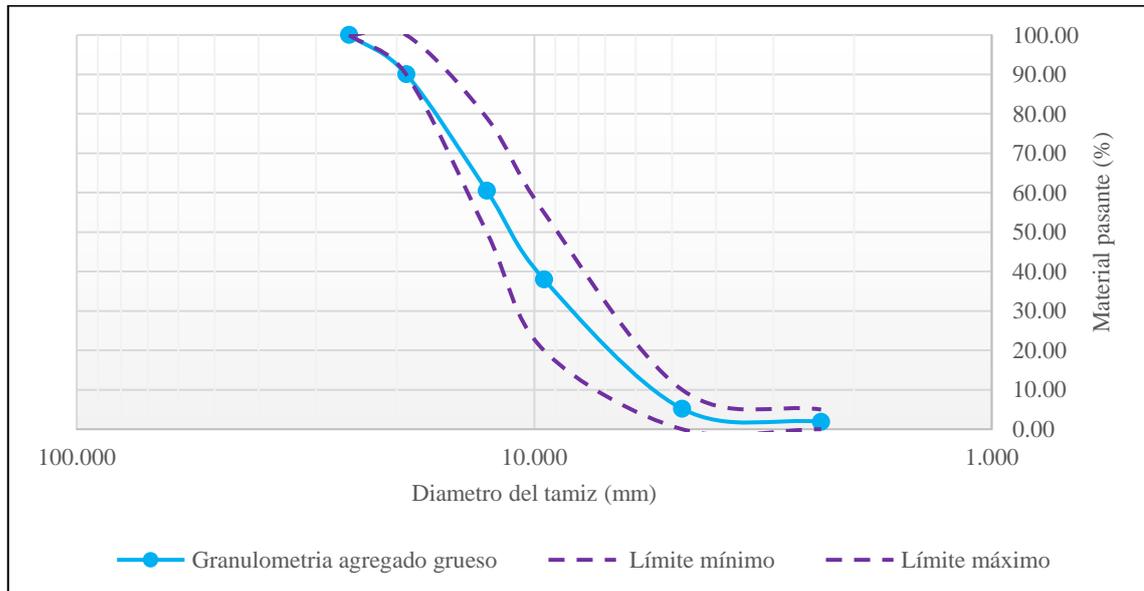


Figura 5.1. Curva granulométrica del agregado grueso.

Al realizar los análisis las propiedades del agregado grueso se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la Tabla 5.2, las cuales detallan que se obtuvo un porcentaje de absorción de 0.66 % y un peso específico de 2.61 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabla 5.2. Cualidades del agregado grueso.

Parámetro	Valor
Absorción (%)	0.66
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1482.00
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1586.00
Humedad (%)	0.06
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.61

A continuación, en la Tabla 5.3 observamos los porcentajes pasantes del resultado del ensayo al agregado fino los cuales nos permiten conocer su calidad y aptitud para ser utilizados en las mezclas de concretos.

Tabla 5.3. Granulometría agregado fino.

Tamiz	Diámetro del tamiz	Peso retenido (gr)	(%) Retenido	(%) Ret acumulado	(%) que pasa
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.80	0.09	0.09	99.91
N° 4	4.750	76.80	8.99	9.08	90.92
N° 8	2.360	85.10	9.96	19.04	80.96
N° 16	1.180	141.70	16.58	35.62	64.38
N° 30	0.590	240.50	28.14	63.76	36.24

N° 50	0.297	157.00	18.37	82.13	17.87
N° 100	0.149	93.40	10.93	93.06	6.94
FONDO	0.000	59.30	6.94	100.00	0.00
	Suma	854.60	100.00		

Como se puede observar en la Figura 5.2, la curva granulométrica nos indica una distribución casi uniforme de los tamaños de partículas las cuales se encuentran dentro de lo requerido para el diseño de mezcla del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

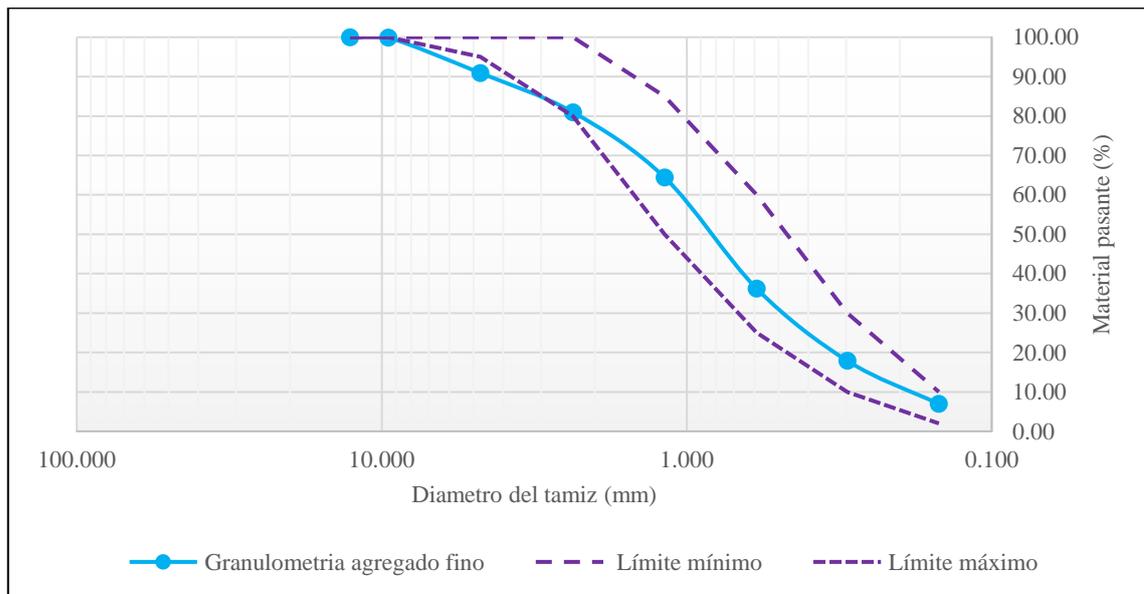


Figura 5.2. Curva granulométrica del agregado fino.

Por consiguiente, se realizaron los estudios a las propiedades del agregado fino obteniendo así los siguientes resultados mostrados en la Tabla 5.4. Se obtuvo un porcentaje de finos igual a 3.12 %, el porcentaje equivalente de arena fue 83 %.

Tabla 5.4. Cualidades del agregado fino.

Parámetro	Valor
Absorción (%)	2.17
Peso unitario suelto ( $\text{kg/m}^3$ )	1635.00
Peso unitario compactado ( $\text{kg/m}^3$ )	1828.00
Humedad (%)	2.66
Porcentaje Equivalente de arena (%)	83.00
Porcentaje de finos (%)	3.12
Peso específico ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.57

Por consiguiente, se procedió a realizar el diseño de mezcla con los diferentes porcentajes de sustitución como son 5 %, 10 % y 15 %, para una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , las proporciones de los materiales para cada reemplazo se muestran en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Diseño de mezclas.

<b>Materiales</b>	<b>D1</b>	<b>D2 - 5 % RES</b>	<b>D3 - 10 % RES</b>	<b>D4 - 15 % RES</b>
Cemento (kg)	5.42	4.97	4.85	4.72
Agua (kg)	3.72	3.29	3.15	2.97
Arena 1 (kg)	12.33	13.04	12.99	13.01
Arena 2 (kg)	0.00	0.00	0.00	0.00
Piedra 1(kg)	12.42	12.62	12.57	12.59
Piedra 2 (kg)	0.00	0.00	0.00	0.00
Resina (g)	0.00	248.63	484.50	707.63
Ecotar (g)	0.00	0.00	9.69	23.59
Adición (kg)	0.00	0.00	0.00	0.00
Aire (%)	1.00	1.00	1.00	1.00

### **5.1. Descripción de resultados**

De acuerdo a los ensayos realizados a los diferentes diseños de mezcla con sustitución de poliuretano en los porcentajes de 5, 10 y 15 % se contaron con los siguientes resultados descritos en la Tabla 5.6 de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido como vienen a ser: la resistencia a la compresión axial, exudación, tiempo de fraguado, slump, contenido de aire y módulo de elasticidad, los cuales fueron obtenidos a las edades de 1, 3, 7, 14, 21 y 28 días.

Tabla 5.6. Resultados obtenidos sobre las propiedades del concreto con un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y porcentajes de sustitución de poliuretano.

Grupo	Mezcla	Compresión Axial ( $\text{kg/cm}^2$ )						Exudación ( $\text{ml/cm}^2$ )	Tiempo de fraguado (min)		Slump (pulgadas)	Contenido de aire (%)	Módulo de elasticidad ( $\text{kg/cm}^2$ )
		Día 1	Día 3	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28		Inicial	Final			
Diseño 1	D1	184.49	210.72	274.33	354.44	345.61	351.58	0.21	425	590	6	1.3	283132.05
	D1	170.86	231.62	260.31	328.34	349.12	363.14	0.21	415	590			287749.11
	D1	168.65	229.67	272.52	317.96	348.34	347.30	0.22					281403.40
Diseño 2	D2 - 5 % RES	134.25	177.09	251.22	327.83	352.36	352.88	0.16	250	360	6	5.2	283655.02
	D2 - 5 % RES	133.34	188.91	262.26	333.41	349.64	375.21	0.17	245	368			292492.11
	D2 - 5 % RES	128.01	172.16	253.95	340.03	362.10	370.80	0.18					290768.13
Diseño 3	D3 - 10 % RES	112.04	125.16	221.62	218.51	231.49	246.94	0.15	230	325	7	6.15	237286.30
	D3 - 10 % RES	118.41	130.22	202.15	221.23	239.54	240.58	0.15	223	323			234210.69
	D3 - 10 % RES	105.55	131.26	197.60	222.79	235.39	251.09	0.17					239271.88
Diseño 4	D4 - 15 % RES	98.93	114.64	195.14	197.73	215.26	204.87	0.12	170	275	9 1/4	5.3	216130.54
	D4 - 15 % RES	92.70	114.90	192.28	209.68	210.85	238.24	0.13	163	270			233068.88
	D4 - 15 % RES	89.32	122.56	200.46	207.47	208.64	219.03	0.13					223474.90

### 5.1.1. Contenido de aire

Al evaluar los diseños de mezcla de la presente investigación, se evaluó un factor muy importante como es el contenido de aire, cuyos resultados fueron expresados en la figura líneas abajo, del cual percibimos que, la muestra D4 - 10 % RES con sustitución de 15 % de poliuretano aumentó su contenido de aire en 6.15 % respecto a las muestras con adición de 5 y 15 % y la muestra patrón, además el contenido de aire en el concreto está determinado por el tamaño máximo nominal del agregado grueso, según lo establecido por el comité 211 del ACI.

Tabla 5.7. Contenido de aire de los diseños de mezcla.

Mezcla	Contenido de aire (%)	Desviación estándar (%)	Variación (%)
D1	1.30	0.00	0.00
D2 - 5 % RES	5.20	0.00	300.00
D3 - 10 % RES	6.15	0.00	373.08
D4 - 15 % RES	5.30	0.00	307.69

Continuando con lo expuesto líneas arriba en la Figura 5.3 se observa la comparación entre los resultados del contenido de aire pudiendo corroborar mediante la barra color mostaza que representa al contenido de aire del espécimen D4 - 10 % RES, el cual se encuentra por encima de las barras de colores naranja, marrón y guinda.

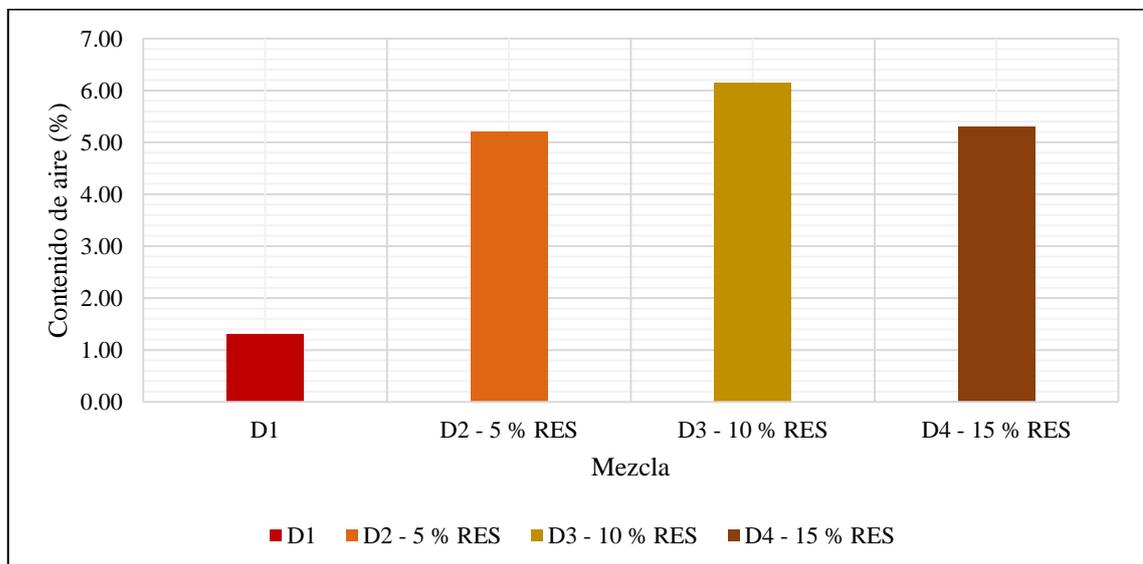


Figura 5.3. Comparación del contenido de aire de los diseños de mezcla.

En la Figura 5.4, se aprecia en la curva el cual representa a la variación del contenido de aire que, al sustituir con un 10 % de poliuretano eleva su contenido de aire,

mientras que si se excede en 5 % este tiende a disminuir generando una diferencia de 0.85 %.

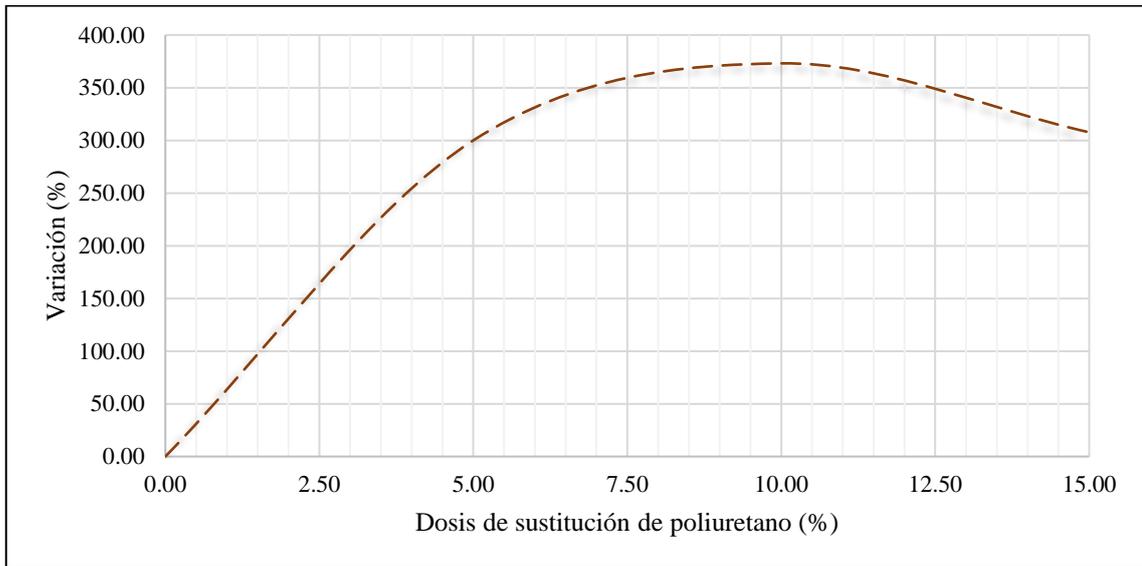


Figura 5.4. Variación porcentual del contenido de aire.

### 5.1.2. Slump

De acuerdo al ensayo de slump realizado en laboratorio a cada uno de los especímenes de concreto con sustitución de poliuretano en la Tabla 5.8, se denota los resultados extraídos al evaluar el asentamiento para cada diseño de mezcla con los porcentajes de 5 %, 10 % y 15 % de poliuretano, teniendo en cuenta que, el espécimen D4 - 15 % RES obtuvo un resultado de 9.25”.

Tabla 5.8. Slump de los diseños de mezcla.

Mezcla	Slump (pulgadas)	Desviación estándar (pulgadas)	Variación (%)
D1	6.00	0.00	0.00
D2 - 5 % RES	6.00	0.00	0.00
D3 - 10 % RES	7.00	0.00	16.67
D4 - 15 % RES	9.25	0.00	54.17

En la Figura 5.5, se tiene en cuenta la comparación entre los resultados del asentamiento de las muestras evaluadas en laboratorio mediante un gráfico de barras, la muestra patrón D1 y D2 - 5 % RES evidencian similitud en sus resultados mientras que, la muestra D3 - 10 % RES excede a las anteriores en 2”.

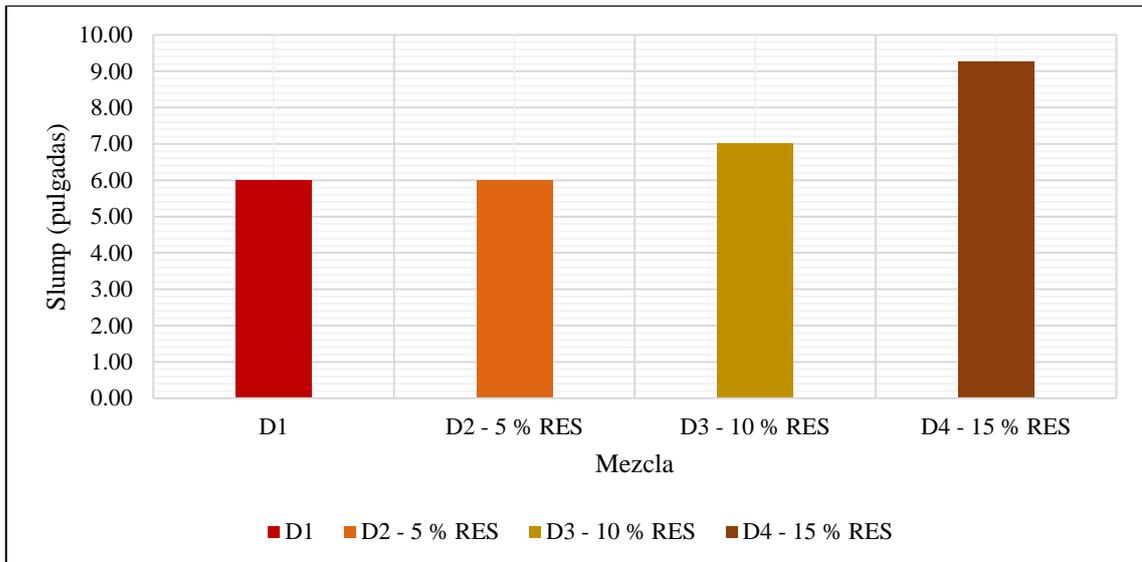


Figura 5.5. Comparación del Slump de los diseños de mezcla.

Debido a lo observado y mencionado anteriormente en la Figura 5.6, en la curva se aprecia el aumento del asentamiento de acuerdo con el incremento del porcentaje de poliuretano, habiendo una variación porcentual entre la mezcla 15 % RES de 54.17 frente a la mezcla patrón D1.

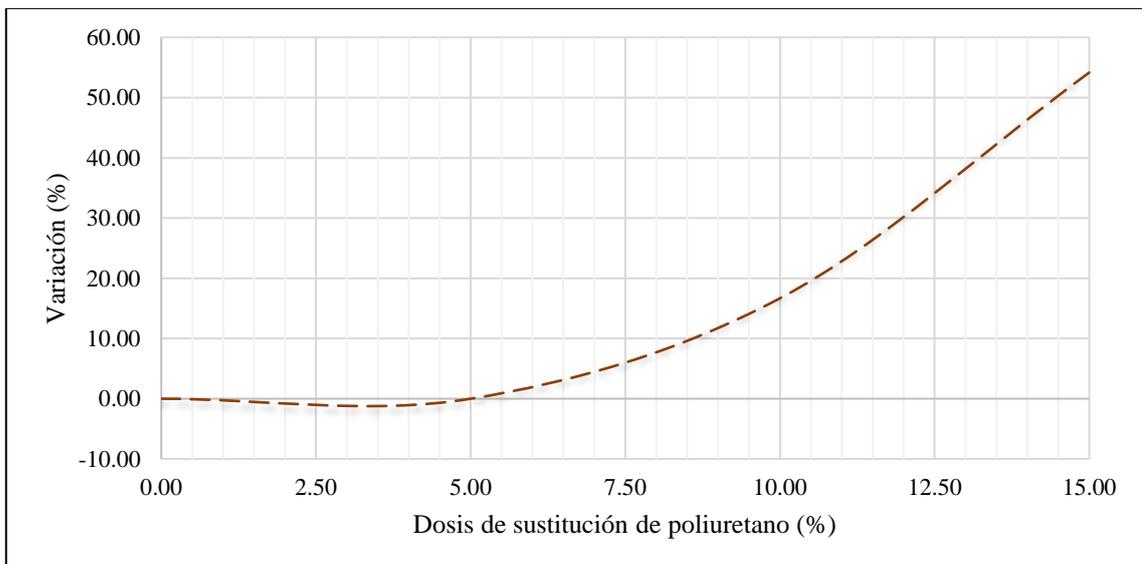


Figura 5.6. Variación porcentual del Slump.

### 5.1.3. Tiempo de fraguado

#### Tiempo de fraguado inicial

El tiempo de fraguado inicial del concreto es muy importante ya que debido a ello en los primeros minutos es donde se puede tener una óptima trabajabilidad y poder moldear, de acuerdo al ensayo realizado en laboratorio, en la Tabla 5.9 se muestran los resultados, la muestra patrón D1 obtuvo un tiempo promedio de fraguado inicial 420.00

(min) siendo este el mayor y la muestra D4 - 15 % RES con sustitución de 15% de poliuretano 166.50 (min) representando al menor tiempo de todos.

Tabla 5.9. Tiempo de fraguado inicial de los diseños de mezcla.

Mezcla	Tiempo de fraguado inicial (min)	Desviación estándar (min)	Variación (%)
D1	420.00	7.07	0.00
D2 - 5 % RES	247.50	3.54	-41.07
D3 - 10 % RES	226.50	4.95	-46.07
D4 - 15 % RES	166.50	4.95	-60.36

En la Figura 5.7, tenemos la comparativa de los tiempos de fraguado inicial de las distintas mezclas con la sustitución de poliuretano, donde se verifica que la muestra patrón D1 la cual se encuentra de color guindo está por encima de las otras mezclas.

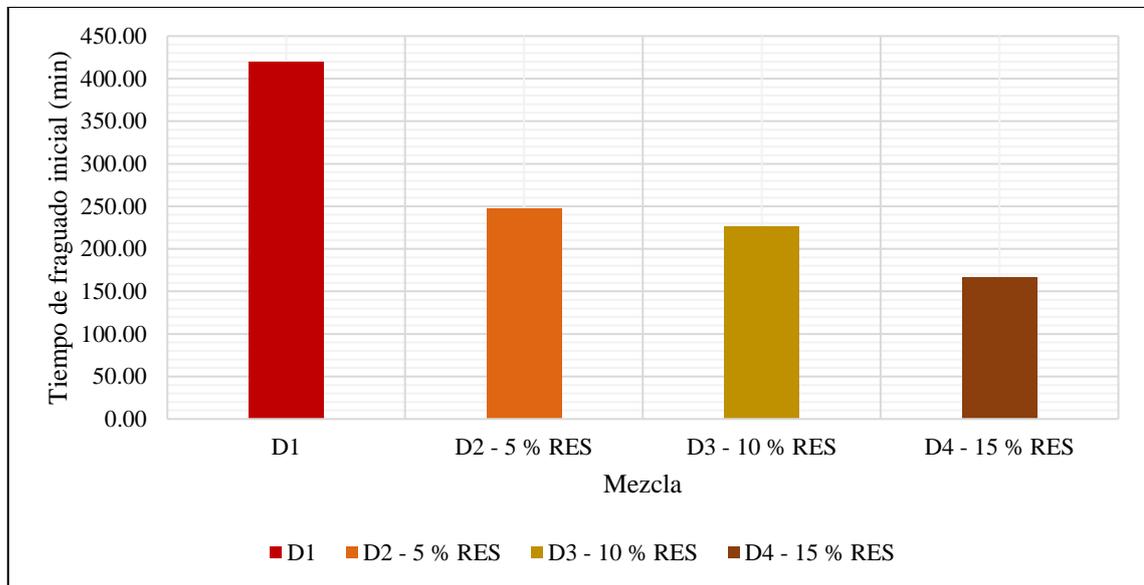


Figura 5.7. Comparación del tiempo de fraguado inicial de los diseños de mezcla.

La representación gráfica de la variación porcentual está dada en función de la dosis de sustitución de poliuretano como lo expone la Figura 5.8, donde se puede notar que el espécimen D4 - 15 % RES con 15 % de sustitución de poliuretano presenta una variación de 60 % respecto a la muestra patrón D1.

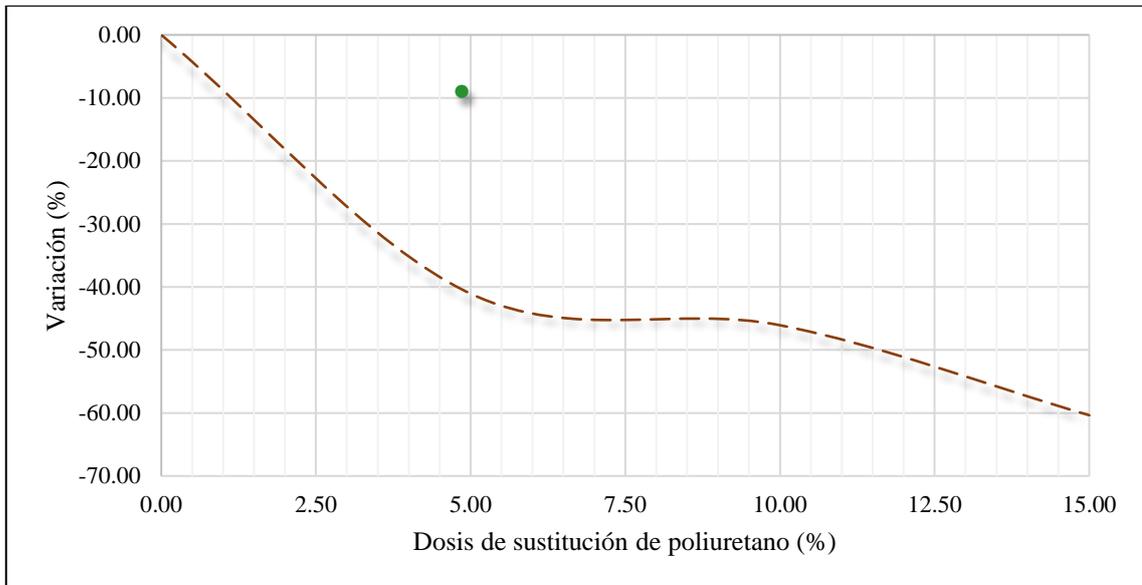


Figura 5.8. Variación porcentual del fraguado inicial.

### Tiempo de fraguado final

Es fundamental considerar que, a pesar de que el concreto haya alcanzado su hidratación completa, todavía puede experimentar un incremento en su rigidez y resistencia a medida que transcurre el tiempo. Del ensayo llevado a cabo para el tiempo de fraguado final se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se muestran en la Tabla 5.10, donde se evidencia que la muestra patrón D1 alcanzó un fraguado final de 590 minutos representando el mayor resultado a comparación del resultado de la muestra D4 - 15 % RES el cual obtuvo 275 (min).

Tabla 5.10. Tiempo de fraguado final de los diseños de mezcla.

Mezcla	Tiempo de fraguado final (min)	Desviación estándar (min)	Variación (%)
D1	590.00	0.00	0.00
D2 - 5 % RES	364.00	5.66	-38.31
D3 - 10 % RES	324.00	1.41	-45.08
D4 - 15 % RES	272.50	3.54	-53.81

En la Figura 5.9, que representa el tiempo de fraguado final se puede apreciar la barra guinda perteneciente a la muestra patrón D1, la cual supera a la barra naranja, mostaza y marrón que tienen apenas 364.00, 324.00 y 272.50 minutos respectivamente, siendo la barra color marrón la menor en comparación a las demás.

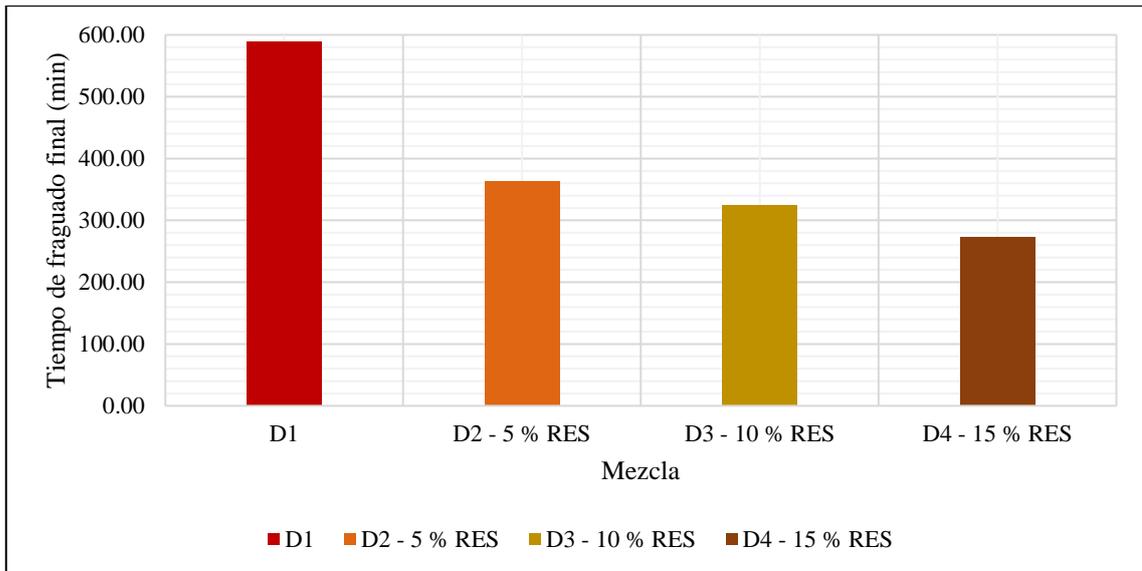


Figura 5.9. Comparación del tiempo de fraguado final de los diseños de mezcla.

Por consiguiente, en la Figura 5.10, se aprecian los resultados de la variación, donde se observa que la curva va de forma creciente debido a que, existe una variación del 53.91 % de la muestra D4 - 15 % RES con sustitución de 15 % respecto a la muestra patrón D1.

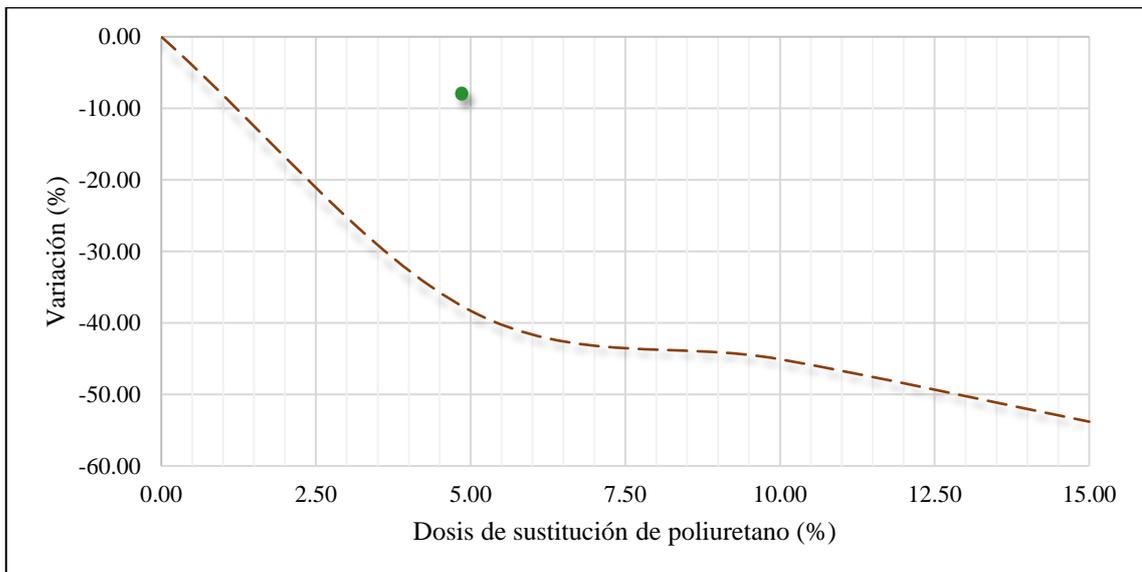


Figura 5.10. Variación porcentual del fraguado final.

#### 5.1.4. Exudación

Una de las propiedades del concreto en estado fresco viene a ser la exudación en la Tabla 5.11, se puede apreciar los resultados de las mezclas en distintos porcentajes de 5 %, 10 % y 15 % de poliuretano, de lo cual se observa que, la mezcla patrón D1 presenta una mayor exudación de 0.21 ml/cm<sup>2</sup> y la muestra D4 - 15 % RES con adición de 15 % es la que menor exudación presenta con 0.13 ml/cm<sup>2</sup>.

Tabla 5.11. Exudación de los diseños de mezcla.

Mezcla	Exudación (ml/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (ml/cm <sup>2</sup> )	Variación (%)
D1	0.21	0.01	0.00
D2 - 5 % RES	0.17	0.01	-20.31
D3 - 10 % RES	0.16	0.01	-26.56
D4 - 15 % RES	0.13	0.01	-40.63

Respecto a la comparación de la exudación en los concretos en la figura de líneas abajo se observa que, todos cuentan con una desviación estándar de 0.01 ml/cm<sup>2</sup>. Se puede discernir la barra de color rojo presenta una mayor exudación, seguido de la barra naranja la cual se asemeja a la barra de color mostaza y por último se tiene la barra de color marrón, mientras mayor sea la exudación puede perjudicar en la calidad y durabilidad del concreto.

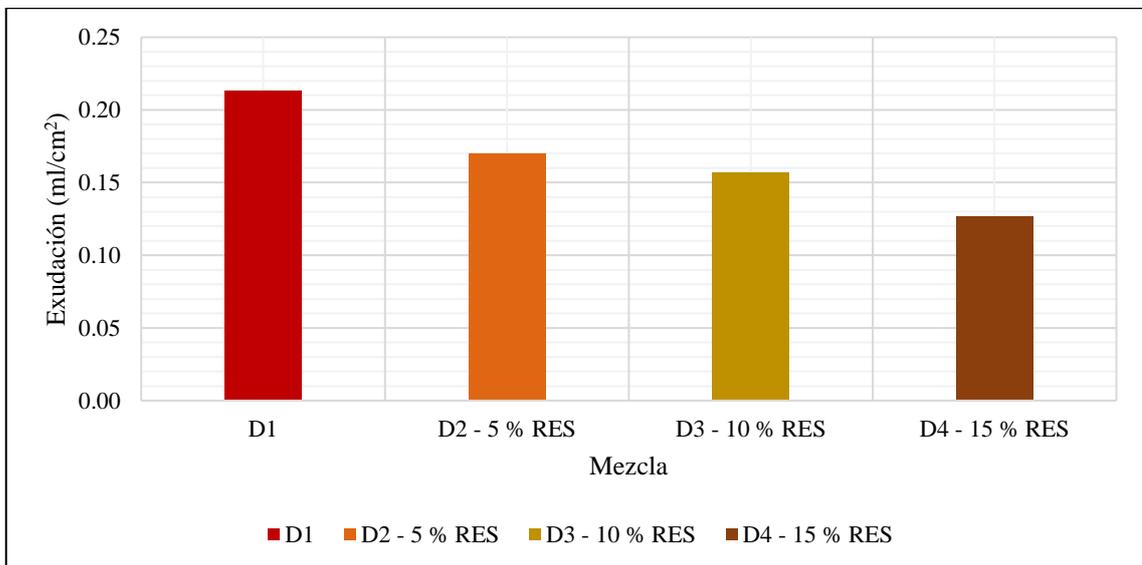


Figura 5.11. Comparación de la exudación de los diseños de mezcla.

En concordancia con la Figura 5.12, se aprecia la curva de la variación porcentual de la exudación donde se denota que la mezcla D4 - 15 % RES con 15 % de sustitución de poliuretano cuenta con una variación porcentual de 40.63 respecto a la mezcla patrón D1.

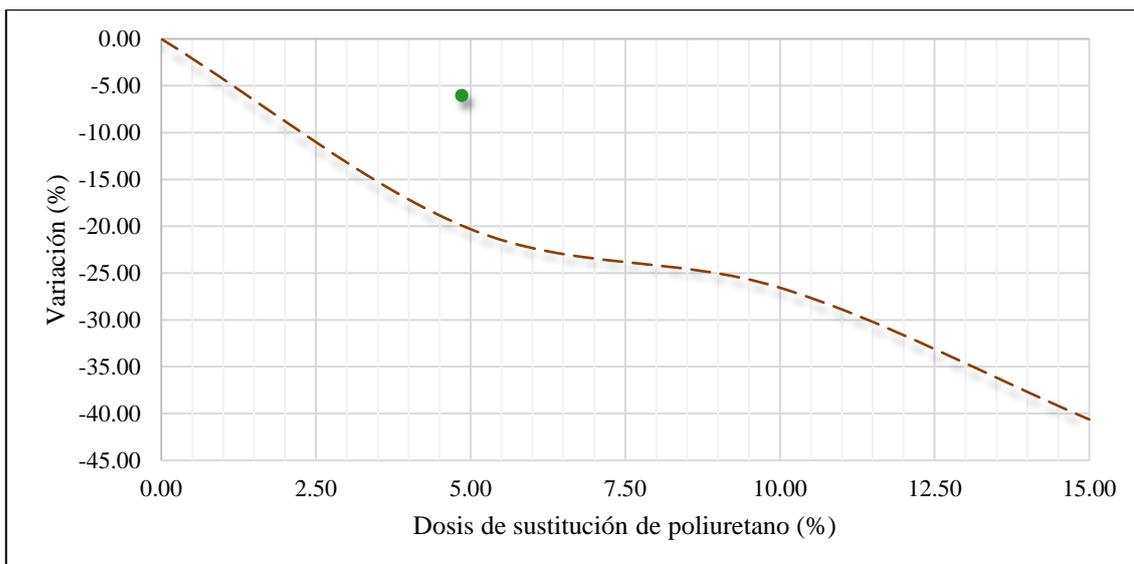


Figura 5.12. Variación porcentual de la exudación.

### 5.1.5. Resistencia a la compresión axial

#### Resistencia a compresión a 1 día

Los resultados de la resistencia alcanzados a un día de su elaboración se muestran a continuación en la tabla líneas abajo, la cual indica que para los distintos diseños de mezcla con adición y el patrón se obtuvieron resistencias de 174.67 kg/cm<sup>2</sup> siendo este el mayor perteneciente a la mezcla patrón sin sustitución y el más bajo de 93.65 kg/cm<sup>2</sup> perteneciente a la mezcla D4 - 15 % RES con 15 % de sustitución de poliuretano.

Tabla 5.12. Resistencia a la compresión axial a 1 día.

Mezcla	Compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación (%)
D1	174.67	8.58	0.00
D2 - 5 % RES	131.87	3.37	-24.50
D3 - 10 % RES	112.00	6.43	-35.88
D4 - 15 % RES	93.65	4.87	-46.38

En la Figura 5.13, se comparan las resistencias de los distintos diseños de mezcla mediante gráficos de barra, de ello se denota que, la mezcla patrón sin sustitución de poliuretano es mayor en un 46.38 % respecto a la mezcla D4 - 15 % RES con 15 % de poliuretano.

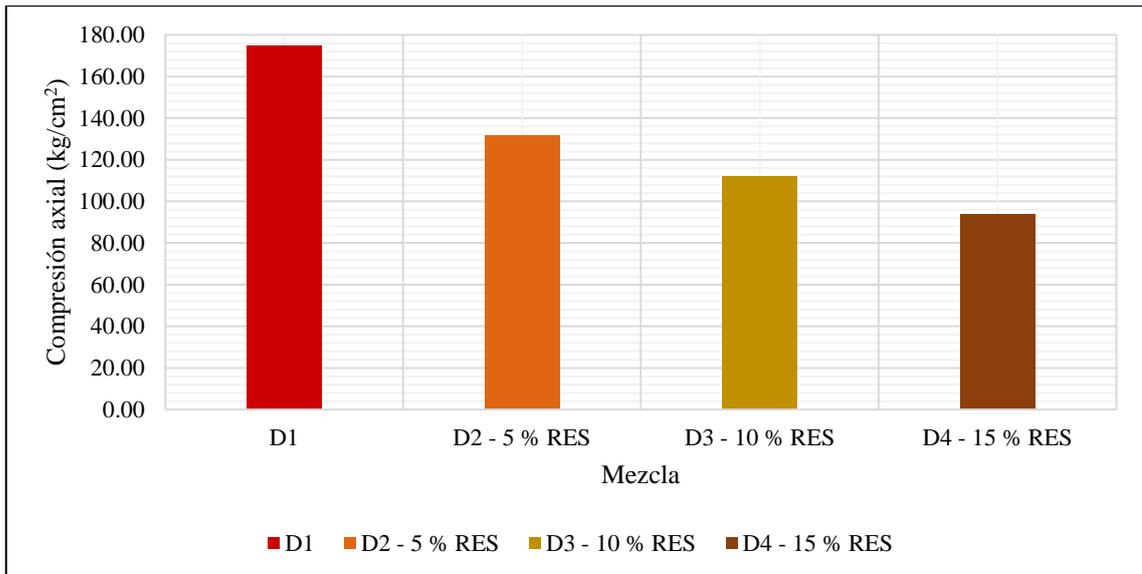


Figura 5.13. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 1 día.

A continuación, en la Figura 5.14 se puede discernir que, mientras mayor sea la sustitución de polímero decrece la resistencia a compresión como es el caso de la mezcla D4 - 15 % RES el cual tuvo una variación de 46.38 % respecto a la mezcla patrón D1 por lo cual es baja su capacidad de soportar cargas puntuales.

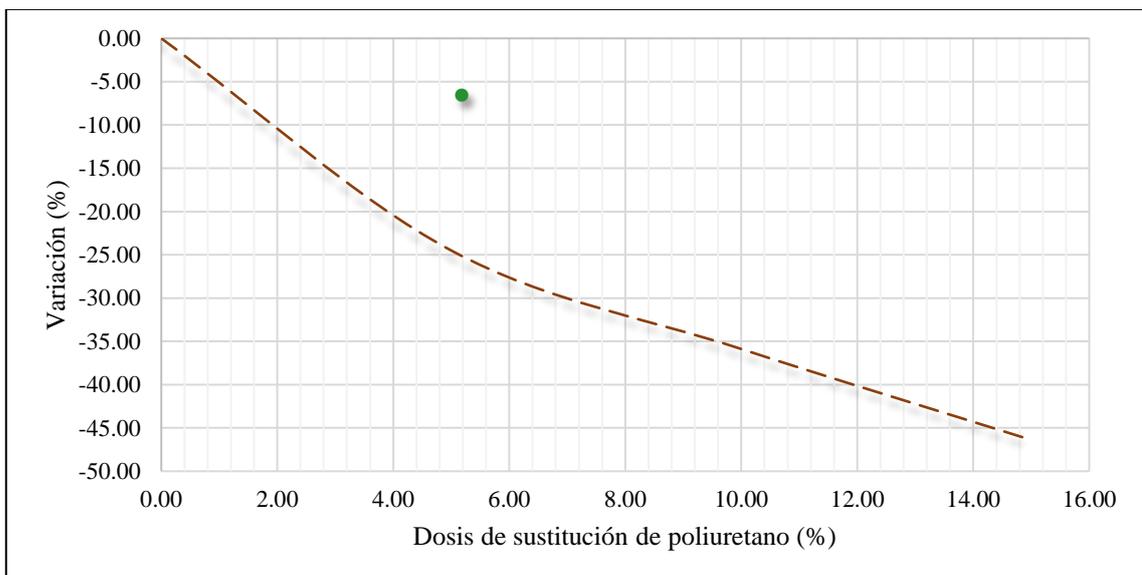


Figura 5.14. Variación de la resistencia a la compresión a 1 día.

### Resistencia a compresión a los 3 días

En la Tabla 5.13, se detalla la resistencia alcanzada a los 3 días de dar inicio al ensayo, del cual es posible notar que, el espécimen patrón D1 aumentó su resistencia considerablemente llegando a 224.00 kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte, la mezcla que más se asemeja viene a ser D2 - 5 % RES con un 5 % de sustitución el cual alcanzó 179.39 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 5.13. Resistencia a la compresión axial a 3 días.

Mezcla	Compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación (%)
D1	224.00	11.54	0.00
D2 - 5 % RES	179.39	8.61	-19.92
D3 - 10 % RES	128.88	3.26	-42.47
D4 - 15 % RES	117.37	4.50	-47.60

La figura adjunta líneas abajo presenta una comparación de las resistencias de los diferentes diseños de mezcla a través de gráficos de barra. A partir de esta comparación, se puede observar que la mezcla patrón sin sustitución de poliuretano tiene un porcentaje de resistencia mayor en un 19.92 % en comparación con la mezcla D4 - 5 % RES, que contiene un 5 % de poliuretano, siendo este el que se acerca más a la resistencia de diseño.

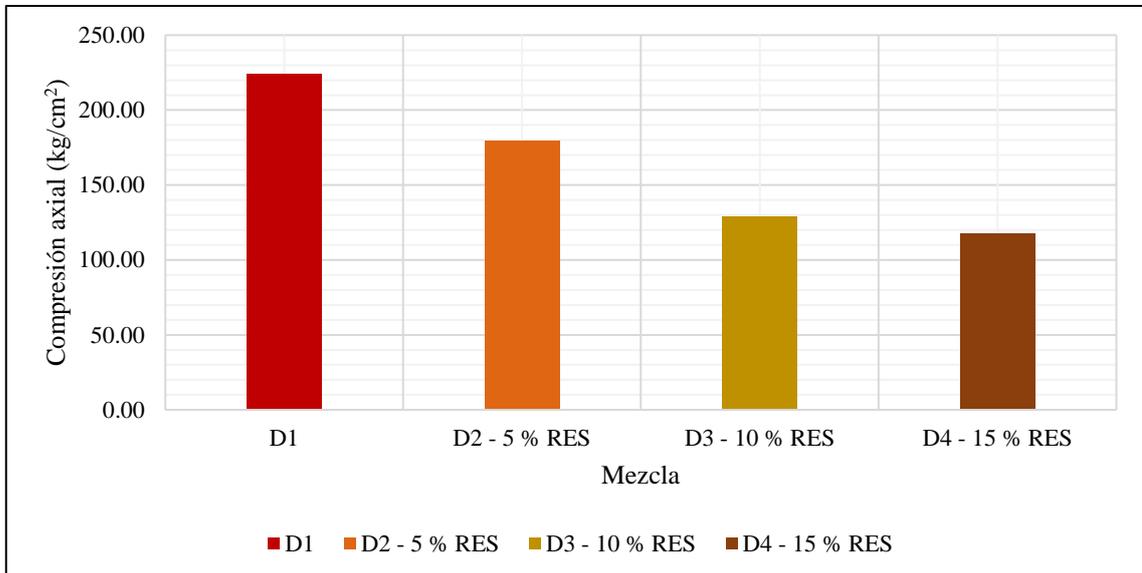


Figura 5.15. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 3 días.

En cuanto a la variación porcentual que se obtuvo del análisis de la resistencia a la compresión a la edad de 3 días, se observó que, en la Tabla 5.13, la variación que obtuvieron las mezclas con adición D2 - 5 % RES, D2 - 10 % RES y D2 - 15 % RES respecto al patrón fueron reducciones de 19.92, 42.47 y 47.60 % respectivamente.

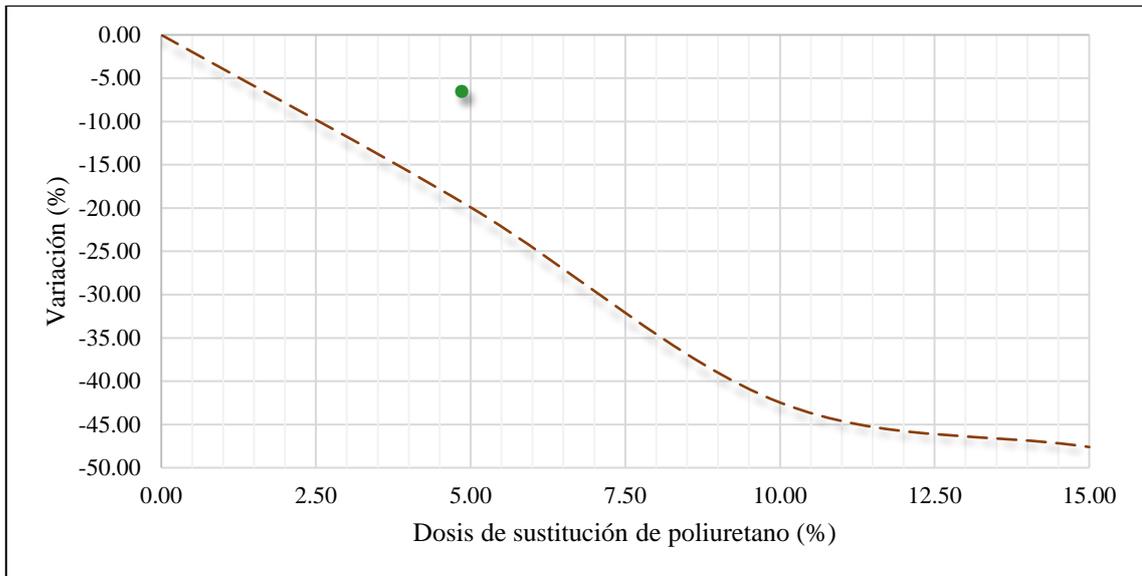


Figura 5.16. Variación de la resistencia a la compresión a los 3 días.

### Resistencia a compresión a los 7 días

En la Tabla 5.14, se presentan los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión llevados a cabo en las diferentes mezclas de concreto con diversas cantidades de resina de poliuretano para la edad de 7 días. Se destacan los valores de resistencia, siendo el máximo de 269.05 kg/cm<sup>2</sup> obtenido por la mezcla patrón, y, por último, el valor mínimo de resistencia fue de 195.96 kg/cm<sup>2</sup> en la mezcla D4 - 15 % RES el cual contiene un 15 % de sustitución.

Tabla 5.14. Resistencia a la compresión axial a 7 días.

Mezcla	Compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación (%)
D1	269.05	7.63	0.00
D2 - 5 % RES	255.81	5.75	-4.92
D3 - 10 % RES	207.12	12.76	-23.02
D4 - 15 % RES	195.96	4.15	-27.17

De acuerdo con la Figura 5.17, el gráfico de barras representa el promedio de las resistencias a la compresión axial obtenidos a los 7 días de edad, la mezcla D3 - 10 % RES cuyo promedio tiene una desviación estándar de 12.76 kg/cm<sup>2</sup> alcanzó una resistencia de compresión axial de 207.12 kg/cm<sup>2</sup>. También se verificó que, el más significativo viene a ser el espécimen patrón sin adición representado con la barra color guindo.

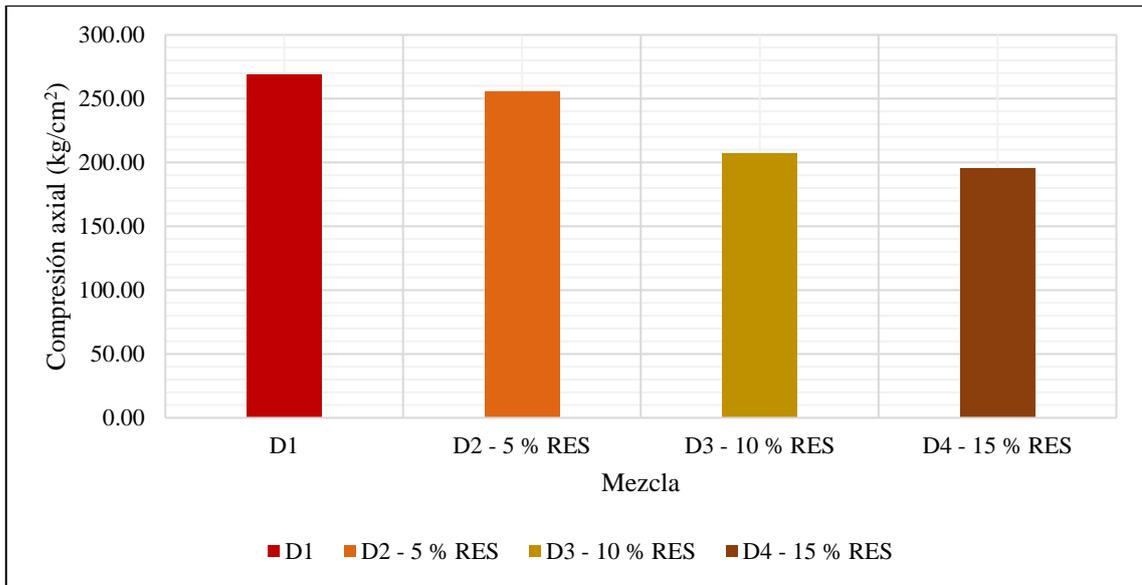


Figura 5.17. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 7 días.

Una vez analizada las resistencias a la compresión de los distintos diseños de mezclas con sustitución de poliuretano se procedió a verificar el porcentaje de variación obteniendo como resultado que la mezcla D3 - 10 % RES presenta una variación de 23.02 % y la mezcla D4 - 15 % RES cuenta con 27.17 % todo ello respecto a la muestra patrón D1 los cuales se encuentran muy distantes, todo ello se refleja en la Figura 5.18.

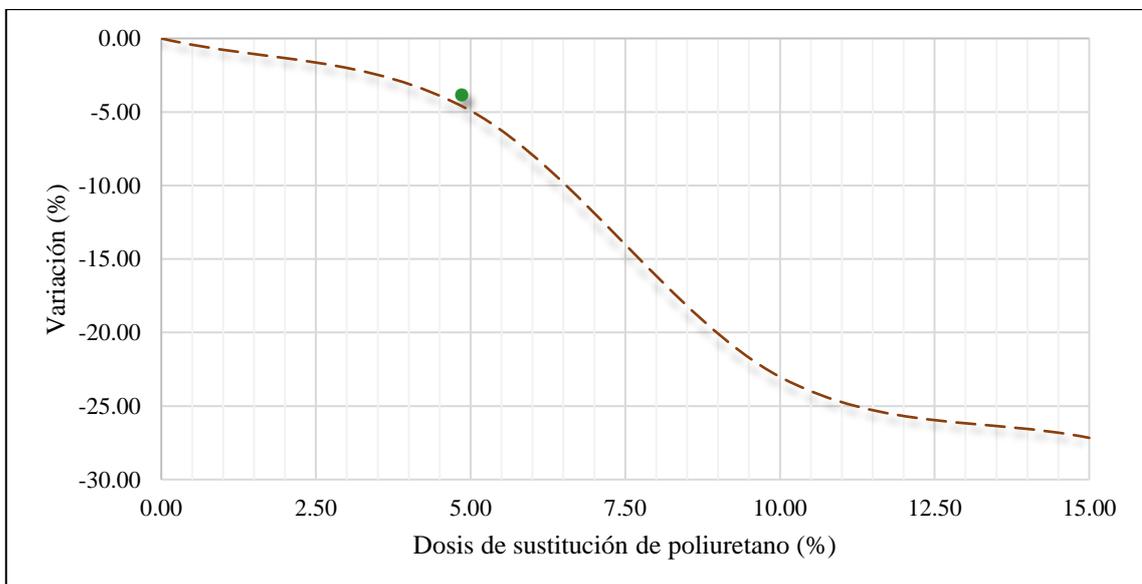


Figura 5.18. Variación de la resistencia a la compresión a los 7 días.

### Resistencia a compresión a los 14 días

Transcurrido 14 días de la elaboración de los especímenes de concreto con sustitución de poliuretano en diferentes proporciones como son, 5 %, 10 % y 15 % se contaron con los resultados de su resistencia a la compresión las cuales se pueden

visualizar en la Tabla 5.15 donde se muestra que la mezcla D1 y D2 - 5 % RES presentan similitud en su resistencia a la compresión axial los cuales lograron una resistencia de 333.58 kg/cm<sup>2</sup> y 333.76 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Tabla 5.15. Resistencia a la compresión axial a 14 días.

Mezcla	Compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación (%)
D1	333.58	18.80	0.00
D2 - 5 % RES	333.76	6.11	0.05
D3 - 10 % RES	220.84	2.17	-33.80
D4 - 15 % RES	204.96	6.36	-38.56

De los resultados de las muestras del ensayo de resistencia a la compresión se halló el promedio para cada mezcla el cual fue representado en un cuadro de barras que se muestra en la Figura 5.19, de donde se puede discernir que el promedio de las resistencias de la mezcla D1 presentan un porcentaje de variación 18.80 kg/cm<sup>2</sup> el cual presenta una dispersión muy alejada entre cada resultado de la mezcla, a lo que también se aprecia que la mezcla D1 representada con la barra guinda es similar a la mezcla D2 - 5 % RES representada por la barra de color naranja en cuanto a su resistencia a compresión debido a que se encuentran casi al mismo nivel.

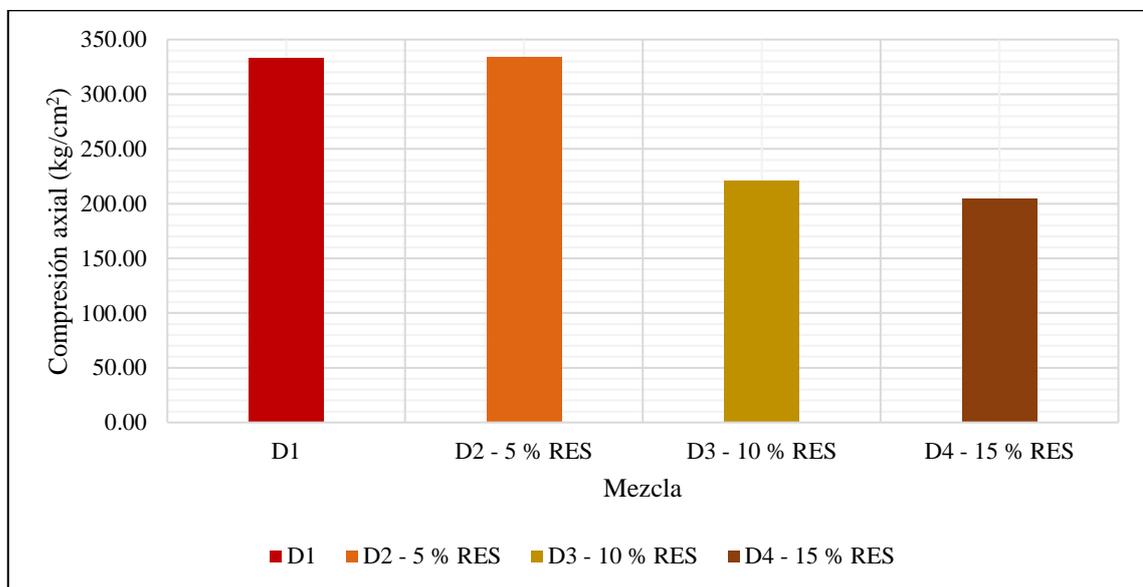


Figura 5.19. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 14 días.

Debido a que las resistencias son similares en las muestras D1 Y D2 - 5 % RES como se mostró en el cuadro de barras de líneas arriba, en la Figura 5.20, se detalla la variación de las resistencias obtenidas de las distintas mezclas con sustitución de

poliuretano, se verificó que para las mezclas antes mencionadas la variación fue de 0.05 % debido a que se asemejan y solo presentan una diferencia de resistencia de 0.18 kg/cm<sup>2</sup>.

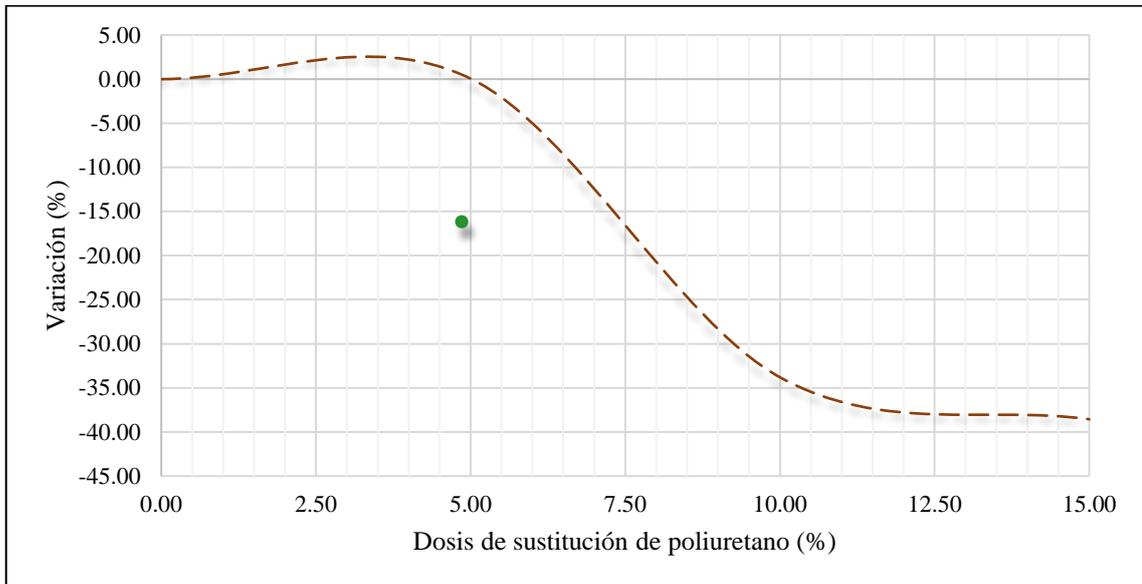


Figura 5.20. Variación de la resistencia a la compresión a los 14 días.

### Resistencia a compresión a los 21 días

En la tabla líneas más abajo se presentan los resultados de la resistencia alcanzados en el plazo de 21 días desde su preparación. Los datos indican que se obtuvo una resistencia de 354.70 kg/cm<sup>2</sup> para el espécimen patrón D2 - 5 % RES superando este a la resistencia patrón de 347.69 kg/cm<sup>2</sup>. El menor valor corresponde a la mezcla D4 - 15 % RES con una sustitución de 15 %, obteniendo una resistencia de 93.65 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 5.16. Resistencia a la compresión axial a 21 días.

Mezcla	Compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación (%)
D1	347.69	1.84	0.00
D2 - 5 % RES	354.70	6.55	2.02
D3 - 10 % RES	235.47	4.03	-32.27
D4 - 15 % RES	211.58	3.37	-39.15

Las barras que se muestran en la Figura 5.21, visualizan los promedios de las resistencias obtenidas del ensayo en laboratorio, como se puede denotar la mezcla D4 - 15 % RES presenta un porcentaje de variación de 39.15 respecto a la mezcla patrón D1 y una variación de 2.02, de la mezcla D2 - 5 % RES, el cual supera a la resistencia patrón en 7.01 kg/cm<sup>2</sup>.

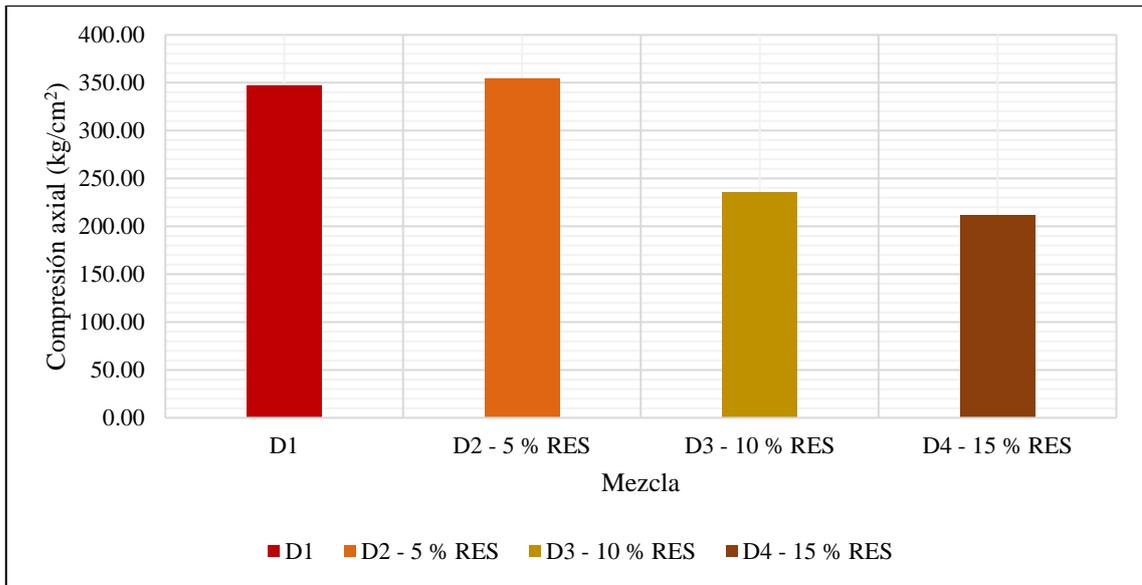


Figura 5.21. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 21 días.

De acuerdo con la curva de la variación en función de la dosis de sustitución de poliuretano, en la Figura 5.22, se aprecia la distribución del porcentaje de variación de los resultados de la resistencia a la compresión el cual nos indica que la variación más significativa pertenece a la mezcla D4 - 15 % RES con un porcentaje de 39.15 % respecto al patrón D1.

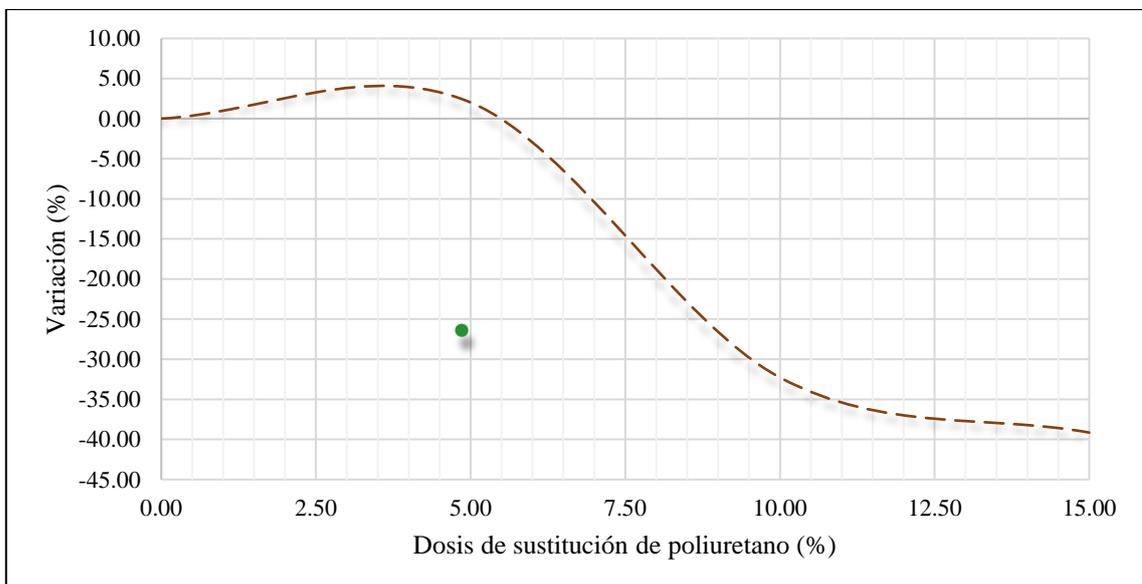


Figura 5.22. Variación de la resistencia a la compresión a los 21 días.

### Resistencia a compresión a los 28 días

En la Tabla 5.17, se puede apreciar que los datos referentes a la resistencia a la compresión de los especímenes con sustitución de poliuretano a la edad de 28 días que, es cuando alcanzan su máxima resistencia, de lo observado se puede inferir que, todas las

mezclas superan la resistencia de diseño siendo la muestra patrón D2 - 5 % RES la que obtuvo la mayor resistencia de 366.30 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 5.17. Resistencia a la compresión axial a 28 días.

Mezcla	Compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación (%)
D1	354.01	8.19	0.00
D2 - 5 % RES	366.30	11.83	3.47
D3 - 10 % RES	246.20	5.29	-30.45
D4 - 15 % RES	220.71	16.75	-37.65

A continuación, en el gráfico líneas más abajo se denota que, las resistencias promedias de las mezclas se representaron mediante barras de colores las cuales se pueden comparar, visualizando así que, la mezcla con adición de 15 % denominada D4 - 15 % RES obtuvo una desviación estándar de 16.75 kg/cm<sup>2</sup> con lo cual difieren en 133.3 kg/cm<sup>2</sup>.

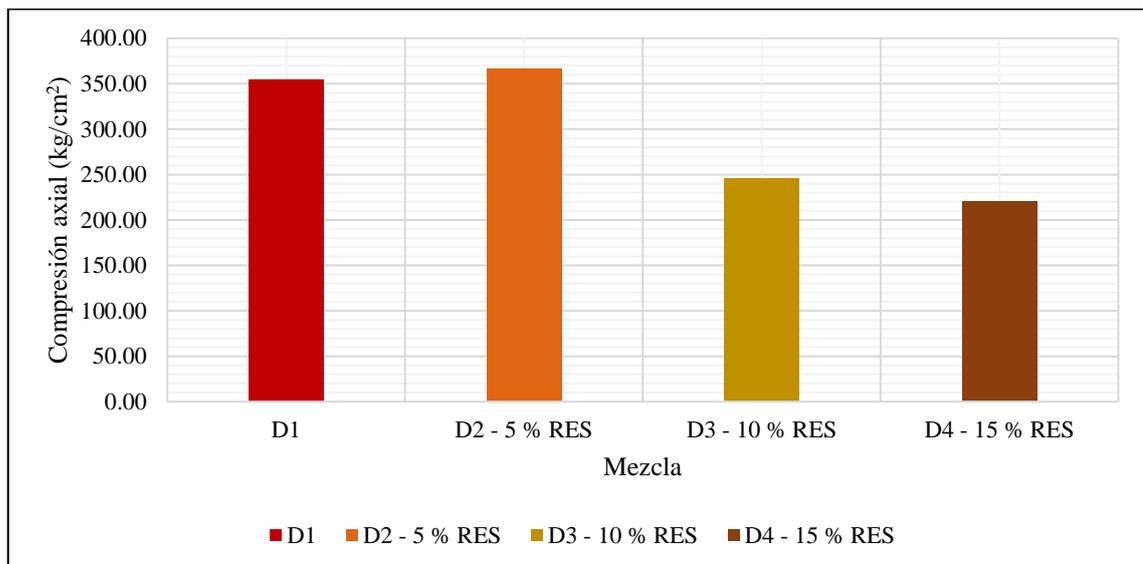


Figura 5.23. Comparación de la resistencia a la compresión axial a la edad de 28 días.

Finalmente, a los 28 días de obtenido las resistencias de los distintos diseños de mezcla con sustitución de poliuretano, en la Figura 5.24 podemos observar la curva de variación frente a la dosis de sustitución a la compresión a los 28 días. De donde se puede inferir que la mezcla D4 - 15 % RES es la que mayor variación presenta de un 37.65% respecto al espécimen patrón.

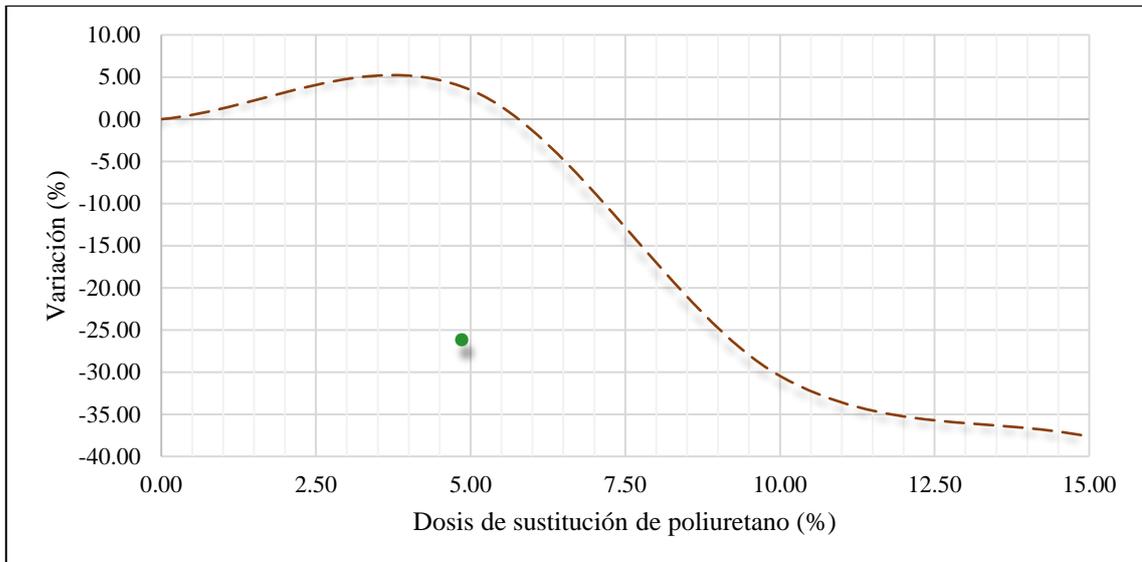


Figura 5.24. Variación de la resistencia a la compresión a los 21 días.

De lo todo lo expuesto anteriormente en la ilustración líneas bajo se observa la evolución de la resistencia a la compresión de las mezclas con sustitución de polímero a las edades de 1, 3, 7, 15, 21 y 28 días, del cual se denota un aumento mientras transcurren los días siendo la muestra patrón D1 y D4 - 5 % las más óptimas en cuanto al incremento de sus resistencias.

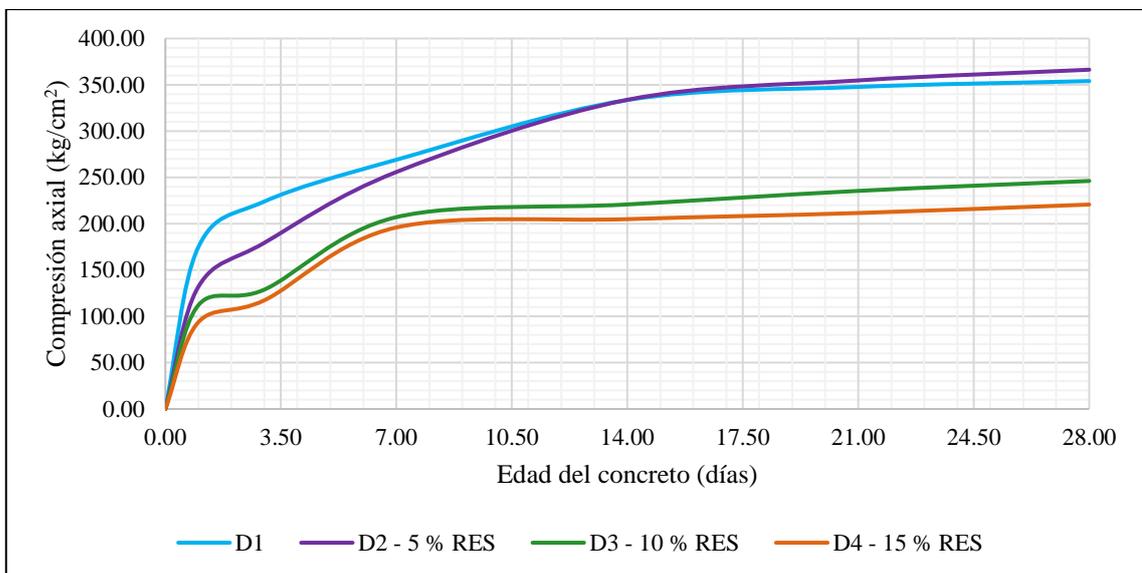


Figura 5.25. evolución de la resistencia.

### 5.1.6. Módulo de elasticidad

Tomando en cuenta los resultados obtenidos del ensayo realizado en laboratorio del módulo de elasticidad del concreto para evaluar su rigidez y estimar las deformaciones que experimenta el concreto en la Tabla 5.18, se nota que, la mezcla D2 - 5 % RES desarrolló mejores resultados superando a la mezcla patrón D1 en  $4\ 876.9\ \text{kg/cm}^2$ , se

visualizó lo contrario en cuanto a la mezcla D4 - 15 % RES, quien disminuyó en 59 870.08 kg/cm<sup>2</sup> respecto al patrón D1.

Tabla 5.18. Módulo de elasticidad de los diseños de mezcla.

Mezcla	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Variación (%)
D1	284094.85	3280.59	0.00
D2 - 5 % RES	288971.75	4684.42	1.72
D3 - 10 % RES	236922.96	2550.08	-16.60
D4 - 15 % RES	224224.77	8494.03	-21.07

Analizando los resultados obtenidos anteriormente, para una mejor ilustración este se realizó mediante un gráfico de barras mostrando que, la barra color naranja representativa del módulo de elasticidad de la mezcla con sustitución del 5 % de poliuretano alcanzó el mejor resultado por encima del espécimen patrón D1 representado por la barra de color guindo cuyos resultados fueron 288971.75 y 284094.85 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, todo ello se puede corroborar en la Figura 5.26.

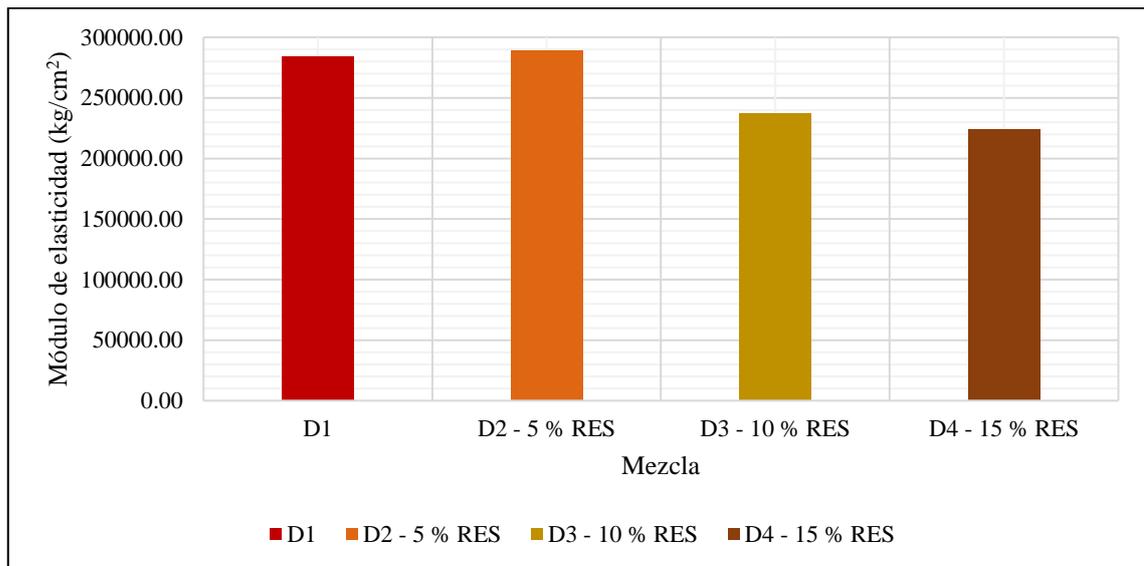


Figura 5.26. Comparación del módulo de elasticidad de los diseños de mezcla.

En concordancia con la curva expresada en la Figura 5.27, se denota que, al sustituir en un 5 % de poliuretano se obtiene un resultado óptimo para el módulo de elasticidad alcanzando 288971.75 kg/cm<sup>2</sup> mientras que si sustituimos en 15 % este obtiene resultados deficientes de 224224.77 kg/cm<sup>2</sup> obtenido así también una variación porcentual de 21.07 respecto a la muestra patrón D1.

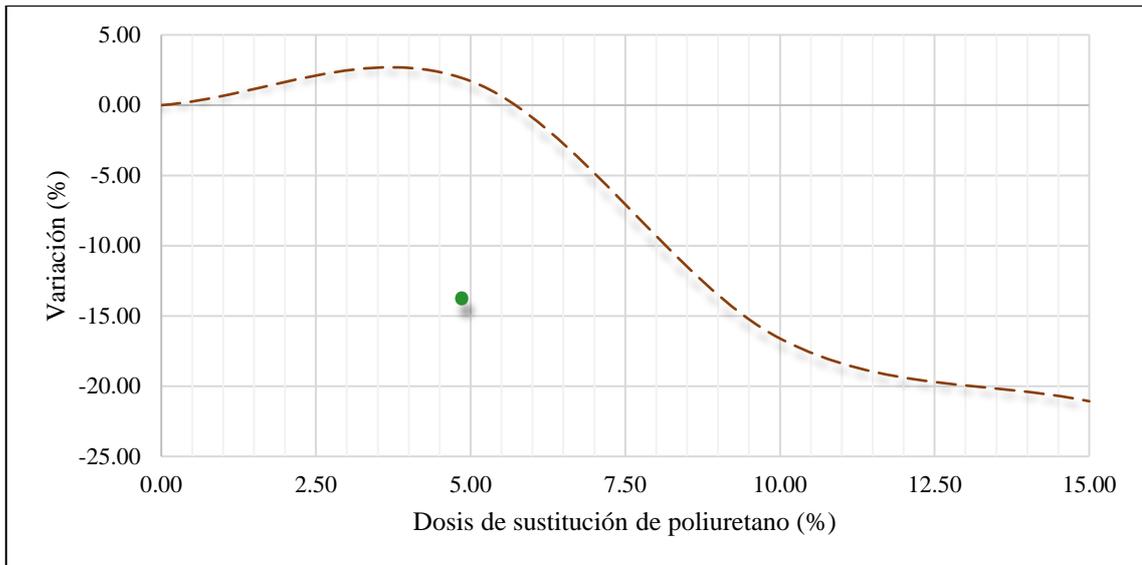


Figura 5.27. Variación porcentual del módulo de elasticidad.

## 5.2. Contrastación de hipótesis

Antes de proceder a contrastar cada una de las hipótesis específicas formuladas anteriormente, fue necesario verificar si los datos de los ensayos seguían una distribución normal. Este paso era esencial para seleccionar adecuadamente el método estadístico a utilizar en cada caso. Si los niveles de significancia superan el 5 %, se emplea una prueba paramétrica; de lo contrario, si los datos no se ajustan a una distribución normal, se opta por evaluarlos mediante una prueba estadística no paramétrica.

### 5.2.1. Hipótesis específica "a"

Planteadas las hipótesis

$H_{ia}$ : El contenido de aire del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se acentúa significativamente.

$H_{0a}$ : El contenido de aire del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas no se acentúa significativamente.

Al analizar la hipótesis específica "a" a través de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, se concluyó que la significancia es nula y no presenta una distribución normal. Por lo tanto, se llevará a cabo mediante la prueba no paramétrica de muestras independientes "Kruskal-Wallis". El resumen de esta prueba se visualiza en la Tabla 5.19, en la cual se observa que el resultado bilateral es de 0.012, indicando que existen diferencias significativas entre las medianas de los grupos, este resultado acepta la hipótesis alterna.

Tabla 5.19. Resumen de prueba Kruskal-Wallis – hipótesis específica “a”.

N total	12
Estadístico de prueba	11.00 <sup>a</sup>
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.01

Con el objetivo de identificar las diferencias significativas entre grupos específicos, se detallan las comparaciones individuales para cada característica. En la Tabla 5.20, se exhiben las comparaciones por pares del contenido de aire del concreto, destacando que en cinco pares se observan diferencias significativas a un nivel superior al 5 %, en contraste, el par D1 - D3 - 10 % RES no presenta diferencias significativas que superen el 5 %.

Tabla 5.20. Comparaciones por parejas de grupos – hipótesis específica “a”.

Sample 1- Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada
D1-D2 - 5 % RES	-3.00	2.86	-1.05	0.29	1.00
D1-D4 - 15 % RES	-6.00	2.86	-2.10	0.04	0.22
D1-D3 - 10 % RES	-9.00	2.86	-3.15	0.00	0.01
D2 - 5 % RES-D4 - 15 % RES	-3.00	2.86	-1.05	0.29	1.00
D2 - 5 % RES-D3 - 10 % RES	-6.00	2.86	-2.10	0.04	0.22
D4 - 15 % RES-D3 - 10 % RES	3.00	2.86	1.05	0.29	1.00

A partir de estos resultados, es que se acepta la hipótesis alterna  $H_{ia}$  que menciona: El contenido de aire del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se acentúa significativamente. Debido a que fue comprobado que con las dosis de 15 y 10 % de resina de poliuretano son obtenidos niveles de significancia inferiores al 5 % lo que indica que los cambios en el contenido de aire provocados por estas dosis son significativos.

### 5.2.2. Hipótesis específica “b”

Planteadas las hipótesis

$H_{ib}$ : El slump del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente.

$H_{0b}$ : El slump del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas no se incrementa significativamente.

Al aplicar la prueba de distribución normal de Shapiro-Wilk a la hipótesis específica "b", se determinó que esta es nula y no sigue una distribución normal. En consecuencia, se evaluará a través de la prueba no paramétrica de muestras independientes "Kruskal-Wallis". El resumen de esta prueba se presenta en la Tabla 5.21, donde se destaca que el resultado bilateral es de 0.012, señalando la presencia de diferencias significativas entre las medianas de los grupos de tres. Este hallazgo respalda la hipótesis alterna, no obstante, deben revisarse los grupos específicos.

Tabla 5.21. Resumen de prueba Kruskal-Wallis – hipótesis específica “b”.

N total	12
Estadístico de prueba	11.00 <sup>a</sup>
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.01

Con la finalidad de detectar diferencias significativas entre grupos particulares, se describen las comparaciones específicas para cada característica. En la Tabla 5.22, se presentan las comparaciones en pares para el slump del concreto, resaltando que en cuatro de estas comparaciones se identifican diferencias significativas. Por otro lado, se observa que los pares D1-D4 - 15 % RES y D2 - 5 % RES-D4 - 15 % RES no muestran diferencias significativas que superen el 5 %.

Tabla 5.22. Comparaciones por parejas de grupos – hipótesis específica “b”.

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada
D1-D2 - 5 % RES	0.00	2.71	0.00	1.00	1.00
D1-D3 - 10 % RES	-4.50	2.71	-1.66	0.10	0.58
D1-D4 - 15 % RES	-7.50	2.71	-2.76	0.01	0.03

D2 - 5 % RES-D3 - 10 % RES	-4.50	2.71	-1.66	0.10	0.58
D2 - 5 % RES-D4 - 15 % RES	-7.50	2.71	-2.76	0.01	0.03
D3 - 10 % RES-D4 - 15 % RES	-3.00	2.71	-1.11	0.27	1.00

Debido a los resultados aquí expuestos, se procede a aceptar la hipótesis alterna  $H_{ib}$  que plantea: El slump del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente. Ya que fue comprobado que con la dosis de 15 % de resina de poliuretano (siendo la dosis óptima) son obtenidos aumentos significativos en el asentamiento del concreto.

### 5.2.3. Hipótesis específica “c”

Planteadas las hipótesis:

$H_{ic}$ : El fraguado del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se retrasa significativamente.

$H_{0c}$ : El fraguado del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas no se retrasa significativamente.

Al emplear la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar la hipótesis específica "b", referente al tiempo de fraguado inicial y final del concreto, se concluyó que esta hipótesis es nula y los datos no siguen una distribución normal. En consecuencia, se procederá a realizar la prueba no paramétrica de muestras independientes "Kruskal-Wallis". La síntesis de los resultados de esta prueba se muestra en la Tabla 5.23, donde se resalta que el resultado bilateral es de 0.012, indicando la existencia de diferencias significativas entre las medianas de los grupos de tres, este resultado acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 5.23. Resumen de prueba Kruskal-Wallis – Hipótesis específica “c”.

N total	12
Estadístico de prueba	11.00 <sup>a</sup>
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.01

Con el propósito de identificar disparidades significativas entre grupos específicos, se detallan las comparaciones particulares para cada característica. En la Tabla 5.24, se exponen las comparaciones en pares para los tiempos de fraguado inicial y final del concreto, subrayando que en cinco de estas comparaciones se detectan diferencias significativas. Por otra parte, se nota que la muestra D4 con un 15 % de resina de poliuretano no presenta diferencias significativas en comparación con el concreto estándar.

Tabla 5.24. Comparaciones por parejas de grupos – hipótesis específica “c”.

Sample 1- Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada
D4 - 15 % RES-D3 - 10 % RES	3.00	2.86	1.05	0.29	1.00
D4 - 15 % RES-D2 - 5 % RES	6.00	2.86	2.10	0.04	0.22
D4 - 15 % RES-D1	9.00	2.86	3.15	0.00	0.01
D3 - 10 % RES-D2 - 5 % RES	3.00	2.86	1.05	0.29	1.00
D3 - 10 % RES-D1	6.00	2.86	2.10	0.04	0.22
D2 - 5 % RES-D1	3.00	2.86	1.05	0.29	1.00

Es así que, se acepta la hipótesis alterna  $H_{ic}$  que menciona: El fraguado del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se retrasa significativamente. Esto porque fue comprobado que para las dosis de sustitución de 10 % y 15 % son obtenidos niveles de significancia de 3.6 % y 0.2 %, que siendo menores al 5 % se traducen en que las reducciones del tiempo de fraguado son significativas.

#### 5.2.4. Hipótesis específica “d”

Planteadas las hipótesis:

$H_{id}$ : La exudación del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se reduce significativamente.

$H_{0d}$ : La exudación del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas no se reduce significativamente.

Al utilizar la prueba de distribución normal de Shapiro-Wilk para analizar la hipótesis específica "d" relacionada con la exudación del concreto, se determinó que esta hipótesis cuenta con un nivel de significancia del menor al 5 %, indicando que los datos no se ajustan a una distribución normal. Por lo tanto, se llevará a cabo la prueba no paramétrica de muestras independientes Kruskal-Wallis.

Tabla 5.25. Prueba de normalidad – hipótesis específica “d”.

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Exudación (ml/cm <sup>2</sup> )	D1	0.75	3	0.00
	D2 - 5 % RES	1.00	3	1.00
	D3 - 10 % RES	0.75	3	0.00
	D4 - 15 % RES	0.75	3	0.00

A continuación, se presenta la síntesis de la prueba Kruskal-Wallis relacionada con la hipótesis específica "d" sobre la exudación del concreto. Destaca que el valor bilateral obtenido es de 0.019, lo cual señala la presencia de diferencias significativas entre las medianas de los grupos de tres, este resultado aprueba la hipótesis alternativa.

Tabla 5.26. Resumen de prueba Kruskal-Wallis – Hipótesis específica “d”.

N total	12
Estadístico de prueba	9.95 <sup>a</sup>
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.02

Con el objetivo de detectar diferencias notables entre grupos específicos, se proporcionan las comparaciones detalladas para cada característica. En la Tabla 5.27, se presentan las comparativas entre la exudación del concreto, destacando que en cinco de estas comparaciones se identifican diferencias significativas. Además, se observa que la muestra D4, que contiene un 15 % de resina de poliuretano, no muestra diferencias significativas en comparación con el concreto patrón.

Tabla 5.27. Comparaciones por parejas de grupos – hipótesis específica “d”.

Sample 1- Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada
D4 - 15 % RES-D3 - 10 % RES	3.50	2.92	1.20	0.23	1.00
D4 - 15 % RES-D2 - 5 % RES	5.50	2.92	1.88	0.06	0.36
D4 - 15 % RES-D1	9.00	2.92	3.08	0.00	0.01
D3 - 10 % RES-D2 - 5 % RES	2.00	2.92	0.68	0.49	1.00
D3 - 10 % RES-D1	5.50	2.92	1.88	0.06	0.36
D2 - 5 % RES-D1	3.50	2.92	1.20	0.23	1.00

Habiendo realizado el análisis estadístico, se procede a aceptar la hipótesis alterna  $H_{id}$  que dice: La exudación del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se reduce significativamente. Pues fue comprobado que la sustitución del cemento por resina de poliuretano en las mayores dosis consideradas (10 y 15 %) propician la ocurrencia de reducciones significativas de exudación en el concreto.

### 5.2.5. Hipótesis específica “e”

Planteadas las hipótesis:

$H_{ie}$ : La resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente.

$H_{0e}$ : La resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas no se incrementa significativamente.

Al emplear la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para examinar la hipótesis específica "e" vinculada a la resistencia a compresión del concreto a los 1, 3, 7, 14, 21 y 28 días, se concluyó que dicha hipótesis posee un nivel de significancia superior al 5 % como se visualiza en la Tabla 5.28. Este resultado sugiere que los datos se ajustan a una

distribución normal. En consecuencia, se procederá a realizar la prueba paramétrica de muestras ANOVA.

Tabla 5.28. Prueba de normalidad – hipótesis específica “e”.

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
R. a compresión a 1 día (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	0.85	3	0.25
	D2 - 5 % RES	0.86	3	0.26
	D3 - 10 % RES	1.00	3	0.99
	D4 - 15 % RES	0.97	3	0.68
R. a compresión a los 3 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	0.82	3	0.16
	D2 - 5 % RES	0.95	3	0.55
	D3 - 10 % RES	0.87	3	0.31
	D4 - 15 % RES	0.77	3	0.06
R. a compresión a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	0.85	3	0.23
	D2 - 5 % RES	0.92	3	0.46
	D3 - 10 % RES	0.89	3	0.34
	D4 - 15 % RES	0.97	3	0.67
R. a compresión a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	0.94	3	0.53
	D2 - 5 % RES	1.00	3	0.91
	D3 - 10 % RES	0.98	3	0.70
	D4 - 15 % RES	0.88	3	0.33
R. a compresión a los 21 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	0.91	3	0.41
	D2 - 5 % RES	0.90	3	0.40
	D3 - 10 % RES	1.00	3	0.97
	D4 - 15 % RES	0.96	3	0.64
R. a compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	0.93	3	0.50
	D2 - 5 % RES	0.89	3	0.36
	D3 - 10 % RES	0.99	3	0.77
	D4 - 15 % RES	0.99	3	0.83

A continuación, en la Tabla 5.29 se resume la prueba de ANOVA vinculada a la hipótesis específica "e" referente a la resistencia a compresión en los días 1, 3, 7, 14, 21 y 28. Es relevante destacar que los valores bilaterales obtenidos son nulos, indicando la existencia de diferencias significativas entre las medianas de los grupos, este resultado respalda la aceptación de la hipótesis alternativa.

Tabla 5.29. Resumen de prueba ANOVA – Hipótesis específica “e”.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
R. a compresión a los 1 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Entre grupos	10885.93	3	3628.64	96.72	0.00
	Dentro de grupos	300.14	8	37.52		
	Total	11186.06	11			
R. a compresión a los 3 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Entre grupos	21705.33	3	7235.11	121.46	0.00
	Dentro de grupos	476.55	8	59.57		
	Total	22181.88	11			
R. a compresión a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Entre grupos	11572.79	3	3857.60	56.89	0.00
	Dentro de grupos	542.48	8	67.81		
	Total	12115.27	11			
R. a compresión a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Entre grupos	44132.23	3	14710.74	135.05	0.00
	Dentro de grupos	871.42	8	108.93		
	Total	45003.65	11			
R. a compresión a los 21 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Entre grupos	49826.14	3	16608.71	899.21	0.00
	Dentro de grupos	147.76	8	18.47		
	Total	49973.91	11			
R. a compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Entre grupos	49354.78	3	16451.59	127.64	0.00
	Dentro de grupos	1031.09	8	128.89		
	Total	50385.87	11			

Con la intención de identificar disparidades notables entre grupos específicos, se detallan las comparaciones específicas para cada característica. En la Tabla 5.30, se presentan las comparativas de la resistencia a la compresión de los diferentes tipos de concreto a los 1, 3, 7, 14, 21 y 28 días, resaltando que en cinco de estas comparaciones se encuentran diferencias significativas. Asimismo, se nota que la muestra D2 a los 7,14,21 y 28 días, que incorpora un 5 % de resina de poliuretano, no presenta divergencias significativas en comparación con el concreto estándar.

Tabla 5.30. Comparaciones múltiples por grupos – hipótesis específica “e”.

Variable dependiente	(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
R. a compresión a los 1 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	D2 - 5 % RES	42.80*	5.00	0.00	26.78	58.82
		D3 - 10 % RES	62.67*	5.00	0.00	46.65	78.68
		D4 - 15 % RES	81.02*	5.00	0.00	65.00	97.03

R. a compresión a los 3 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	D2 - 5 % RES	44.62*	6.30	0.00	24.44	64.80
		D3 - 10 % RES	95.12*	6.30	0.00	74.94	115.30
		D4 - 15 % RES	106.64*	6.30	0.00	86.46	126.82
R. a compresión a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	D2 - 5 % RES	13.24	6.72	0.27	-8.29	34.77
		D3 - 10 % RES	61.93*	6.72	0.00	40.40	83.46
		D4 - 15 % RES	73.09*	6.72	0.00	51.56	94.62
R. a compresión a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	D2 - 5 % RES	-0.18	8.52	1.00	-27.47	27.11
		D3 - 10 % RES	112.74*	8.52	0.00	85.45	140.03
		D4 - 15 % RES	128.62*	8.52	0.00	101.33	155.91
R. a compresión a los 21 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	D2 - 5 % RES	-7.01	3.51	0.26	-18.25	4.23
		D3 - 10 % RES	112.22*	3.51	0.00	100.98	123.45
		D4 - 15 % RES	136.11*	3.51	0.00	124.87	147.34
R. a compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	D2 - 5 % RES	-12.29	9.27	0.57	-41.97	17.39
		D3 - 10 % RES	107.80*	9.27	0.00	78.12	137.49
		D4 - 15 % RES	133.29*	9.27	0.00	103.61	162.98

A continuación, con el propósito de evaluar si las disparidades en la resistencia a compresión de los concretos analizados fueron de naturaleza positiva o negativa, se ha llevado a cabo la prueba post hoc de Tukey. Los resultados específicos de esta prueba se exponen en la Tabla 5.31, permitiendo la deducción de que hay cuatro conjuntos homogéneos que son estadísticamente distintos.

Tabla 5.31. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a compresión a 1 día (kg/cm<sup>2</sup>).

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
D4 - 15 % RES	3	93.65			
D3 - 10 % RES	3		112.00		
D2 - 5 % RES	3			131.87	
D1	3				174.67
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00

En la Tabla 5.32, se presentan los grupos homogéneos identificados en la resistencia a compresión de los concretos a los 3 días, mediante el análisis de la prueba

post hoc de Tukey. En la tabla, se observa la existencia de tres subconjuntos, en contraste se destaca que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el concreto con una adición del 10 % de resina de poliuretano y el concreto con una adición del 15 % de resina de poliuretano.

Tabla 5.32. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 3 días (kg/cm<sup>2</sup>).

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
D4 - 15 % RES	3	117.37		
D3 - 10 % RES	3	128.88		
D2 - 5 % RES	3		179.39	
D1	3			224.00
Sig.		0.329	1.000	1.000

En la continuación del análisis, se realizó la prueba post hoc de Tukey para evaluar si las variaciones en la resistencia a compresión de los concretos a los 7 días fueron positivas o negativas. Los resultados precisos de esta evaluación se detallan en la Tabla 5.33, la cual muestra dos subconjuntos con diferencias estadísticas significativas. Dentro de estos subconjuntos, se observa que D1 - D2 + 5 % presenta similitud, al igual que D3 + 10 % y D4 + 15 %.

Tabla 5.33. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 7 días (kg/cm<sup>2</sup>).

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
D4 - 15 % RES	3	195.96	
D3 - 10 % RES	3	207.12	
D2 - 5 % RES	3		255.81
D1	3		269.05
Sig.		0.40	0.27

En la Tabla 5.34, se presentan dos conjuntos homogéneos identificados en la resistencia a la compresión a los 14 días mediante el análisis de la prueba post hoc de Tukey. Dentro de estos conjuntos, se observa que hay similitud entre los siguientes grupos: D1 y D2 con un 5 % de resina de poliuretano, así como D3 con un 10 % de resina de poliuretano y D4 con un 15 % de resina de poliuretano.

Tabla 5.34. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 14 días (kg/cm<sup>2</sup>).

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
D4 - 15 % RES	3	204.96	

D3 - 10 % RES	3	220.84	
D1	3		333.58
D2 - 5 % RES	3		333.76
Sig.		0.31	1.00

A continuación, se realizó la prueba post hoc de Tukey con el objetivo de evaluar las diferencias en los subconjuntos homogéneos de la resistencia a compresión de los concretos a los 21 días. Los resultados precisos de esta prueba se presentan en la Tabla 5.35, lo que facilita la conclusión de que existen tres conjuntos homogéneos que difieren estadísticamente entre sí. Es relevante señalar que en el tercer conjunto se encuentran dos grupos: D1 y D2 + 5 % de resina de poliuretano.

Tabla 5.35. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 21 días (kg/cm<sup>2</sup>).

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
D4 - 15 % RES	3	211.58		
D3 - 10 % RES	3		235.47	
D1	3			347.69
D2 - 5 % RES	3			354.70
Sig.		1.00	1.00	0.26

En el siguiente paso, se llevó a cabo la prueba post hoc de Tukey con el fin de examinar las disparidades en los subconjuntos homogéneos de la resistencia a compresión de los concretos a los 28 días. Los resultados específicos de esta evaluación se presentan en la Tabla 5.36, lo que simplifica la interpretación al indicar la presencia de dos conjuntos homogéneos que difieren significativamente entre sí. Cabe destacar que en el primer conjunto se incluyen dos grupos: D3 - 10 % RES y D4 - 15 % RES, mientras que en el segundo conjunto se agrupan los grupos D1 y D2 + 5 % de resina de poliuretano.

Tabla 5.36. Subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm<sup>2</sup>).

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
D4 - 15 % RES	3	220.71	
D3 - 10 % RES	3	246.20	
D1	3		354.01
D2 - 5 % RES	3		366.30
Sig.		0.09	0.57

En función a los resultados obtenidos en el análisis de datos elaborado para la hipótesis específica “e”, es que se acepta la hipótesis alterna H<sub>ie</sub> que menciona: La

resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente. Pues fue comprobado que la resina de poliuretano en el concreto favorece la obtención de resistencias a la compresión superiores a las obtenidas por un concreto estándar, especialmente con las dosis de 10 y 15 % para una edad de 28 días.

### 5.2.6. Hipótesis específica “f”

Planteadas las hipótesis:

$H_{if}$ : El módulo de elasticidad indirecto del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente.

$H_{0f}$ : El módulo de elasticidad indirecto del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas no se incrementa significativamente.

Al utilizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para analizar la hipótesis específica "f" relacionada con el módulo de elasticidad indirecto del concreto, se determinó que el nivel de significancia asociado es mayor al 5%, según se presenta en la Tabla 5.37. Este hallazgo indica que los datos se distribuyen de manera normal. En consecuencia, se llevará a cabo la prueba paramétrica de muestras ANOVA.

Tabla 5.37. Prueba de normalidad – hipótesis específica “f”.

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	D1	0.94	3	0.51
	D2 - 5 % RES	0.89	3	0.35
	D3 - 10 % RES	0.98	3	0.76
	D4 - 15 % RES	0.99	3	0.85

En la Tabla 5.38, se presenta un resumen de la prueba de ANOVA relacionada con la hipótesis específica "e" que aborda el módulo de elasticidad. Es importante subrayar que los valores bilaterales resultan ser nulos, lo cual señala la presencia de diferencias significativas entre las medianas de los grupos, este hallazgo respalda la aceptación de la hipótesis alternativa.

Tabla 5.38. Resumen de prueba ANOVA – Hipótesis específica “f”.

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	967191823611183	3	322397274537061	116	0.00
Dentro de grupos	222715032	8	27839379		
Total	9894633268	11			

Con el propósito de detectar diferencias notables entre grupos específicos, se realizó la prueba post hoc de Tukey. En la Tabla 5.39, se proporcionan las comparaciones detalladas para cada característica del módulo de elasticidad, destacando que en cuatro de estas comparaciones por grupos se identifican diferencias significativas mayores al 5%.

Tabla 5.39. Comparaciones múltiples por grupos – hipótesis específica “f”.

<b>(I) Grupos</b>	<b>(J) Grupos</b>	<b>Diferencia de medias (I-J)</b>	<b>Desv. Error</b>	<b>Sig.</b>	<b>Intervalo de confianza al 95%</b>	
					<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
D1	D2 - 5 % RES	-4876.90	4308.08	0.68	-18672.90	8919.10
	D3 - 10 % RES	47171.90*	4308.08	0.00	33375.90	60967.90
	D4 - 15 % RES	59870.08*	4308.08	0.00	46074.08	73666.08
D2 - 5 % RES	D1	4876.90	4308.08	0.68	-8919.10	18672.90
	D3 - 10 % RES	52048.80*	4308.08	0.00	38252.80	65844.80
	D4 - 15 % RES	64746.98*	4308.08	0.00	50950.98	78542.98
D3 - 10 % RES	D1	-47171.90*	4308.08	0.00	-60967.90	-33375.90
	D2 - 5 % RES	-52048.80*	4308.08	0.00	-65844.80	-38252.80
	D4 - 15 % RES	12698.18	4308.08	0.07	-1097.82	26494.18
D4 - 15 % RES	D1	-59870.08*	4308.08	0.00	-73666.08	-46074.08
	D2 - 5 % RES	-64746.98*	4308.08	0.00	-78542.98	-50950.98
	D3 - 10 % RES	-12698.18	4308.08	0.07	-26494.18	1097.82

En la siguiente fase, se llevó a cabo la prueba post hoc de Tukey con el objetivo de analizar las diferencias en los subconjuntos homogéneos del módulo de elasticidad del concreto. Los resultados específicos de esta evaluación se detallan en la Tabla 5.40, facilitando la interpretación al señalar la presencia de dos conjuntos homogéneos que se diferencian estadísticamente entre sí. Es importante destacar que en el primer conjunto se incluyen dos grupos: D3 - 10 % RES y D4 - 15 % RES, mientras que en el segundo conjunto se agrupan los grupos: D1 y D2 + 5% de resina de poliuretano.

Tabla 5.40. Subconjuntos homogéneos del módulo de elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>).

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
D4 - 15 % RES	3	224224.77	
D3 - 10 % RES	3	236922.96	
D1	3		284094.85
D2 - 5 % RES	3		288971.75
Sig.		0.07	0.68

En la misma línea, se procede a aceptar la hipótesis alterna  $H_{if}$  que dice: El módulo de elasticidad indirecto del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente. Debido a que fue comprobado que, con las mayores dosis de resina de poliuretano (10 y 15 %) probadas en la presente tesis, son obtenidos aumentos significativos en los valores del módulo de elasticidad del concreto.

## **CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Contenido de aire del concreto**

El contenido de aire en el concreto es de suma importancia pues la inclusión de pequeñas cantidades de aire atrapado en forma de microburbujas ayuda a mitigar los efectos negativos de la expansión y contracción causados por cambios de temperatura y ciclos de congelación y descongelación (ASTM:C231, 2014).

En relación con los resultados obtenidos, se presenta la Tabla 5.7, donde se observa que, al incorporar resina de poliuretano como sustituto parcial del cemento para la fabricación de losas aligeradas de concreto, se registraron porcentajes de la muestra del concreto estándar del 1.30 % de contenido de aire. En comparación, el concreto con una adición del 5 % de resina de poliuretano (RES) alcanzó un 5.20 %, el concreto con una adición del 10 % RES mostró un 6.15 %, y el concreto con una adición del 15 % RES obtuvo un 5.30 %.

Los hallazgos indican que a medida que se aumenta el porcentaje de reemplazo parcial del cemento con resina de poliuretano en las losas aligeradas de concreto, la proporción de aire tiende a aumentar hasta el 10 %. Sin embargo, una vez superado este porcentaje, se observa una disminución en el contenido de aire en el concreto.

Al realizar el análisis estadístico del contenido de aire, se evidenció que en cinco conjuntos hay disparidades significativas a un nivel superior al 5 %. En contraste, en el par D1-D3 con un 10 % de sustitución de resina, no se identificaron diferencias significativas.

En relación con los antecedentes, se coincide con Egoavil (2018), que señala que la inclusión de poliuretano como aditivo en el concreto aumenta la presencia de aire. Este proceso contribuye a mejorar la resistencia frente al ciclo de congelación y descongelación, además de favorecer el proceso de curado al mantener una mayor cantidad de agua por un período extendido, lo que conlleva a un incremento en la impermeabilidad.

## **6.2. Slump del concreto**

El slump del concreto es una propiedad importante ya que una medición adecuada asegura la uniformidad y homogeneidad de la mezcla, contribuye a prevenir problemas como la segregación y exudación, y facilita el control de calidad en la producción y colocación del concreto (Rodríguez, 2021).

Con respecto a los resultados obtenidos, se muestra la Tabla 5.8, la cual revela que, al introducir resina de poliuretano como reemplazo parcial del cemento, se observa un valor de "slump" de 6 pulgadas para el concreto estándar, similar al caso D2-5 % RES. En contraste, los concretos que incorporaron D3-10 % RES registraron 7 pulgadas, mientras que D4-15 % RES presentó un "slump" de 9.25 pulgadas.

Los resultados demuestran que, al sustituir parcialmente el cemento con resina de poliuretano en la fabricación de losas aligeradas de concreto, se observa un aumento en el "slump", lo que beneficia la trabajabilidad del concreto. Sin embargo, esta modificación también puede llevar a una segregación potencial y a una pérdida eventual de la resistencia.

En el análisis estadístico, se demostró que hay diferencias significativas en el slump, particularmente en los concretos con mayores concentraciones de poliuretano. No obstante, se identificaron pares, como D1-D4 - 15 % RES y D2 - 5 % RES-D4 - 15 % RES, que no presentan diferencias significativas que superen el 5%.

En contraste con los estudios previos de Rodríguez (2021), no se comparte su resultados, ya que en su investigación, al agregar poliuretano líquido al concreto, experimentó reducciones en el "slump", pasando de 4.1 pulgadas en el concreto estándar a 3.8 pulgadas, esto plantea un problema en obra al disminuir la trabajabilidad del concreto.

### **6.3. Fraguado del concreto**

La etapa de fraguado en el proceso del concreto es crucial, asegurando que el material conserve su forma y resistencia previstas, esto posibilita la manipulación y desencofrado sin poner en riesgo la integridad estructural (Molina y Terán, 2019).

En relación con los resultados obtenidos, se observa que el tiempo de fraguado inicial tiende a reducirse a medida que se aumenta la proporción de resina de poliuretano al reemplazar parcialmente el cemento. En específico, el concreto convencional muestra un tiempo de fraguado de 425 minutos, mientras que el D2-5 % RES registra 250 minutos, el D3-10 % RES presenta 230 minutos y el D4-15 % RES alcanza un tiempo de fraguado de 170 minutos. Asimismo, se observa una disminución en el tiempo de fraguado final al incorporar resina de poliuretano en comparación con el concreto patrón, que tiene un tiempo de 590 minutos. Siendo estos, el D2 muestra un tiempo de 360 minutos, el D3 registra 325 minutos y el D4 alcanza un tiempo de fraguado de 275 minutos.

En lo que respecta a la contrastación de hipótesis sobre el tiempo de fraguado, se observa que en cinco de estas comparaciones se identifican diferencias significativas. Por otro lado, se destaca que la muestra D4, con un 15% de resina de poliuretano, no muestra diferencias significativas en comparación con el concreto estándar.

En relación con la información previa, no se realiza una evaluación directa del tiempo de fraguado en el concreto con la adición de poliuretano; sin embargo, Quispe (2018) señala que el fraguado rápido podría resultar en la evaporación temprana del agua, lo que podría generar un riesgo de fisuración en la losa de concreto si no se gestiona de manera apropiada.

### **6.4. Exudación del concreto**

La relevancia de la exudación del concreto radica en que el incremento en la proporción agua-cemento, provocado por la ascensión de agua segregada durante el proceso de mezclado, puede resultar en un concreto poroso con una resistencia y durabilidad disminuidas (Egoavil, 2018).

En los resultados de esta investigación, se determinaron los niveles de exudación del concreto. Para el concreto estándar, se registró una cantidad de 0.21 mililitros por centímetro cuadrado. En contraste, las mezclas que incorporaron poliuretano mostraron

variaciones disminuyendo: D2 exhibió 0.17 mililitros por centímetro cuadrado, D3 presentó 0.16 mililitros por centímetro cuadrado, y D4 mostró 0.13 mililitros por centímetro cuadrado.

Los resultados indican que a medida que se aumenta la proporción de sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano, la exudación del concreto disminuye, lo que resulta en una reducción de la porosidad del material. Además, este proceso favorece un mayor control sobre la relación agua-cemento, un factor esencial para alcanzar los niveles deseados de resistencia y durabilidad.

En el análisis estadístico, se encontró un valor bilateral de 0.019, indicando la existencia de diferencias significativas entre las medianas de los grupos en relación con la exudación del concreto. Además, se observa que la muestra D4, que incorpora un 15 % de resina de poliuretano, no presenta diferencias significativas en comparación con el concreto estándar.

En relación con los antecedentes no se ha realizado una evaluación específica sobre la exudación del concreto al agregar resina de poliuretano. No obstante, según lo expresado por Egoavil (2018), factores como una dosificación inapropiada de la mezcla, el exceso de agua, la incorporación de aditivos y las condiciones de temperatura pueden aumentar la velocidad de exudación, lo que resulta en un mayor riesgo de fisuración superficial de losas.

## **6.5. Resistencia a compresión del concreto**

La resistencia a la compresión es importante debido a que normalmente, el profesional encargado del diseño de estructuras indica en los documentos técnicos y en los planos una resistencia a la compresión del concreto ( $f'c$ ) como referencia para determinar las dimensiones y el refuerzo necesario de los distintos elementos de la obra. En caso de que en la construcción se obtenga una resistencia menor a la especificada, se reducirá el nivel de seguridad de la estructura. Esta baja resistencia a la compresión no soportará cargas y no se podrá evitar colapsos o daños estructurales (Rivera, 2013).

Respecto a los resultados obtenidos en laboratorio del ensayo de la resistencia a la compresión, de los especímenes con sustitución de poliuretano de 5 10 y 15 % a la edad de 28 días que es cuando alcanzan su máxima resistencia, se puede inferir que, todas las mezclas superan la resistencia de diseño siendo la muestra patrón D2 - 5 % RES la que

más resalto ya que obtuvo la mayor resistencia de  $366.30 \text{ kg/cm}^2$  superando a la muestra patrón en un  $12.59 \text{ kg/cm}^2$  mientras que los especímenes D3 - 10 % RES y D4 - 15 % RES se encuentran por debajo de la muestra patrón D1.

De lo expuesto anteriormente se infiere que con la sustitución del 5 % mejora la propiedad de la resistencia a la compresión incluso sobrepasando a la muestra patrón y la resistencia de diseño, por otro lado, si se sustituye en un 10 y 15 % no se logra superar la resistencia de la muestra patrón, pero si la de diseño que es de  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

Al emplear la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para examinar la resistencia a compresión del concreto a los 1, 3, 7, 14, 21 y 28 días, se concluyó que dichos resultados poseen un nivel de significancia superior al 5 %. Este resultado sugiere que los datos se ajustan a una distribución normal. De acuerdo a la prueba ANOVA es relevante destacar que los valores bilaterales obtenidos son nulos, indicando la existencia de diferencias significativas entre las medianas de los grupos.

Los resultados de la presente investigación no concuerdan con lo mencionado por Aminu y Musa (2021), quienes expusieron que, la incorporación de poliuretano (PU) como sustituto parcial del cemento Portland convencional posee una influencia poco significativa en la resistencia a la compresión del mortero al sustituir el 15 %. Ya que al incrementar un 15 % se presentó una resistencia de  $220.71 \text{ kg/cm}^2$  difiriendo en  $10.71 \text{ kg/cm}^2$  respecto a la resistencia de diseño  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

## **6.6. Módulo de elasticidad indirecto del concreto**

El módulo de elasticidad es la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria reversible. En materiales homogéneos, este módulo representa las fuerzas de adherencia interatómicas y no se ve afectado por cambios microestructurales. Sin embargo, en materiales heterogéneos multifase como el concreto, esta afirmación no es cierta. El módulo de elasticidad del concreto a la compresión puede variar desde  $14 \times 10^3 \text{ MPa}$  hasta  $40 \times 10^3 \text{ MPa}$ . En el diseño estructural, el límite elástico tiene importancia porque indica el esfuerzo máximo permitido antes de que el material sufra deformaciones permanentes. Por lo tanto, es necesario que el ingeniero conozca el módulo de elasticidad del material, ya que esto afecta la rigidez del diseño (Metha y Monteiro, 2008).

En relación con el análisis del módulo de elasticidad, el cual nos permite evaluar la rigidez de un material y estimar las deformaciones que experimenta el concreto, se

observa en la Tabla 5.18 que la mezcla D2 5 % de RES obtiene mejores resultados en comparación con la mezcla patrón D1. Específicamente, la mezcla D2 registra un incremento de 4 876.9 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con la mezcla D1.

Por otro lado, se aprecia que la mezcla D4 con un contenido de un 15 % de RES presenta un descenso de 59 870.08 kg/cm<sup>2</sup> con respecto a la mezcla patrón D1. Estos resultados nos muestran claramente cómo el contenido de resina de poliuretano puede afectar la rigidez y las deformaciones del concreto, evidenciando tanto mejoras como disminuciones en el módulo de elasticidad en función de la cantidad de resina de poliuretano agregada.

De lo mencionado líneas arriba se desprende que, la sustitución de la resina de poliuretano por el cemento favorece en el módulo elástico del concreto solo cuando se sustituye un 5 % superando al espécimen patrón, debido a que si se añade un 10 % o un 15% este tiende a disminuir respecto a la muestra patrón.

En cuanto al análisis estadístico al utilizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para analizar la hipótesis específica "f" relacionada con el módulo de elasticidad indirecto del concreto, se determinó que el nivel de significancia asociado es mayor al 5 %, este hallazgo indica que los datos se distribuyen de manera normal. En resumen, de la prueba de ANOVA. Es importante subrayar que los valores bilaterales resultan ser nulos, lo cual señala la presencia de diferencias significativas entre las medianas de los grupos.

La presente investigación está en concordancia con lo expuesto por Egoavil (2018) quien menciona que, las grandes deformaciones son susceptibles de ocurrir como resultado de la baja capacidad de recuperación elástica de los distintos diseños de mezcla del concreto. Debido a que con la sustitución del 15 % de resina de poliuretano se presentó un bajo módulo elástico con respecto al espécimen patrón D1.

## CONCLUSIONES

1. En conclusión, la adición parcial de resina de poliuretano en lugar de cemento mejora las características en estado fresco del concreto, dependiendo de los requisitos del proyecto y las condiciones específicas. En el estado endurecido, se observa una mejora significativa en propiedades como la resistencia a la compresión a los 28 días, evidenciada en el caso del D2 con un 5 % adicional de poliuretano, alcanzando una resistencia de 366.30 kg/cm<sup>2</sup> para un diseño inicial de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
2. En relación con el contenido de aire, se concluye que a medida que se incrementa el porcentaje de resina de poliuretano como sustitución del cemento, se está observando un aumento en el contenido de aire, que varía desde un 1.30 % hasta un máximo de 6.15, representado por el D3 + 10 % de resina de poliuretano. En el análisis estadístico, se está observando que la incorporación de resina de poliuretano está provocando diferencias significativas en comparación con el concreto convencional, fortaleciendo así la resistencia a la deformación causada por ciclos de congelación y descongelación.
3. La conclusión en relación con el slump es que a medida que se incrementa la cantidad de resina de poliuretano, también aumenta el valor del asentamiento, pasando de las 6 pulgadas del concreto patrón a 9.25 pulgadas en el caso del D4+ 15 % de poliuretano, representado una variación de 54.17 %. El análisis estadístico revela que la adición de poliuretano sí genera diferencias significativas en los resultados del slump, mejorando la trabajabilidad del concreto.
4. En relación con el tiempo de fraguado, se concluye que disminuye a medida que se incrementa la proporción de resina de poliuretano, mostrando una variación porcentual máxima del 60.36 % en el fraguado inicial y un 53.81 % en el fraguado final. Estos hallazgos evidencian diferencias significativas en comparación con el concreto estándar, lo que se traduce en un beneficio para el desencofrado anticipado.
5. Se concluye que a medida que se incrementa la incorporación de resina de poliuretano, se observa una reducción en la exudación del concreto, con valores que varían de 0.21 ml/cm<sup>2</sup> en el concreto estándar a 0.13 ml/cm<sup>2</sup> en el D4 + 15 % adicional de poliuretano, representando una variación del 40.63 %. El análisis estadístico revela

diferencias significativas, y esta disminución beneficia el control de la relación agua-cemento y reduce la vulnerabilidad a la fisuración.

6. La resistencia a la compresión debido a la sustitución parcial de la resina de poliuretano no se incrementa significativamente, ya que, teniendo en cuenta a la edad de los 28 días de su elaboración, edad donde el concreto alcanza su máxima resistencia, al sustituir en un porcentaje del 10 % y 15 % los especímenes no superan la resistencia patrón de  $354.01 \text{ kg/cm}^2$ , pero si la muestra D2 - 5 % RES con 5 % de sustitución el cual logro un resultado de  $366.30 \text{ kg/cm}^2$ .
7. El incremento parcial de la resina de poliuretano no incrementa significativamente el módulo de elasticidad indirecto debido a que solo se aprecia un aumento significativo de  $4876.9 \text{ kg/cm}^2$  en la sustitución del 5 % respecto a la muestra patrón, por otro lado, las sustituciones con los porcentajes de 10 % y 15 % se encuentran por debajo de la muestra patrón con resultados de  $236922.96 \text{ kg/cm}^2$  y  $224224.77 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda examinar la adición de poliuretano como reemplazo del cemento en rangos de más del 5 % y menos del 10 %, ya que se observaron resultados mejorados en la resistencia a la compresión con un 5 %, mientras que con un 10 % se evidenció una disminución en dicha resistencia.
2. Se recomienda elaborar el concreto con la incorporación de poliuretano mediante una cuidadosa supervisión de la mezcla para garantizar una distribución homogénea del aire y lograr así un concreto con las características deseadas. Además, se aconseja monitorear la temperatura del concreto durante la mezcla para futuras investigaciones.
3. Se recomienda aplicar una dosificación exacta de poliuretano al incorporar el concreto como reemplazo del cemento, con el fin de asegurar un material que pueda ser manipulado, colocado y compactado de manera apropiada. Para investigaciones posteriores, se sugiere la inclusión de aditivos superplastificantes en la mezcla y la evaluación de su rendimiento.
4. Se recomienda resguardar el concreto recién vertido de condiciones desfavorables como lluvia, viento intenso o temperaturas extremas en las fases iniciales del fraguado, ya que estas pueden incidir en el proceso de fraguado del concreto. Para investigaciones posteriores, se sugiere analizar el comportamiento del concreto mediante diversas relaciones agua-cemento.
5. Se sugiere analizar la exudación del concreto mediante una cuidadosa supervisión de la relación agua-cemento para garantizar una evaluación precisa. En futuras investigaciones, se aconseja mantener un registro detallado de las condiciones ambientales, ya que factores como la humedad y la temperatura pueden tener un impacto en la exudación.
6. Respecto a la resistencia a la compresión del concreto, si se desea mejorar esta propiedad en estado endurecido con la sustitución de resina de poliuretano, es recomendable utilizar un porcentaje de 5 % o porcentajes menores, debido a que se obtuvo una resistencia muy significativa frente a la resistencia de diseño y la muestra patrón, de 366.30 kg/cm<sup>2</sup>.
7. Para mejorar el módulo de elasticidad indirecto no es recomendable incrementar los porcentajes mayores a 5 % debido a que la investigación reveló que al aumentar en

10 y 15 % el módulo de elasticidad tendía a decrecer perjudicando así al concreto en su rigidez y deformación. Se aconseja realizar futuras investigación con sustituciones menores al 5 % de resina de poliuretano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI-522R, 2006. Hormigón Permeable. [en línea], pp. 1-40. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/203022677/ACI-522R>.
- AMINU, I. y MUSA, A., 2021. Modification of concrete mortar using polyurethane resin. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences* [en línea], vol. 2, no. 2, pp. 079-083. DOI 10.30574/wjaets.2021.2.2.0041. Disponible en: <https://wjaets.com/content/modification-concrete-mortar-using-polyurethane-resin>.
- ASTM:C231, 2014. *Método de ensayo normalizado de contenido de aire del concreto recién mezclado mediante el método por presión*. 2014. EE.UU: American Society for Testing and Materials.
- BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales* [en línea]. Tercera Ed. México: Pearson Educación. ISBN 978-958-699-128-5. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.
- BORJA, M., 2016. *Metodología de la investigación científica para ingenieros* [en línea]. 2016. Chiclayo: s.n. Disponible en: [https://www.academia.edu/33692697/Metodología\\_de\\_Investigación\\_Científica\\_para\\_ingeniería\\_Civil](https://www.academia.edu/33692697/Metodología_de_Investigación_Científica_para_ingeniería_Civil).
- CCENTE, J. y POMA, J., 2022. *Inyección de resina líquida poliuretano para la impermeabilización de tapón hermético del cierre final de la bocamina Germana NV.585 de la unidad minera Esperanza 2001 - CIA de minas Buenaventura S.A.A. - 2019* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Huancavelica. [Consulta: 23 febrero 2023]. Disponible en: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d6287d46-8ee0-4268-b717-0d64c5204808/content>.
- EGOAVIL, A., 2018. *Determinación del coeficiente de conductividad térmica del concreto con aditivo de poliuretano residual* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Consulta: 22 febrero 2023]. Disponible en: <https://1library.co/document/q5154nwy-determinacion-coeficiente-conductividad-termica-concreto-aditivo-poliuretano-residual.html>.

- HARITH, I.K., 2018. Study on polyurethane foamed concrete for use in structural applications. *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 8, no. September 2017, pp. 79-86. ISSN 22145095. DOI 10.1016/j.cscm.2017.11.005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.11.005>.
- HERNÁNDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMES, A. y MORENO, L., 2018. *Metodología de la investigación científica* [en línea]. Primera Ed. Alicante: 3 Ciencias. ISBN 9788494825705. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-del-chaco-austral/derecho-constitucional/3-c1-hernandez-escobar-y-otros-2018-metodologia-de-la-investigacion-cientifica-edit-area-de-innovacion-y-desarrollo/13898258>.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, M. del P. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. Sexta. México: MCGRAW-HILL. ISBN 9786071502919.
- INACAL, 2022. Normas Técnicas Peruanas. *Instituto Nacional de Calidad* [en línea]. [Consulta: 8 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- JIA, Z., JIA, D., SUN, Q. y WANG, Y., 2021. Preparation and mechanical-fatigue properties of elastic polyurethane concrete composites. *Materials* [en línea], vol. 14, pp. 1-20. [Consulta: 22 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/14/3839>.
- KOSMATKA, S., KERKHOFF, B., PANARESE, W. y TANESI, J., 2004. *Diseño y control de mezclas de concreto* [en línea]. Primera. S.l.: Portland Cement Association. ISBN 0893122335. Disponible en: [https://issuu.com/gustavochoonlongalcivar/docs/dise\\_o\\_y\\_control\\_de\\_mezclas\\_de\\_con](https://issuu.com/gustavochoonlongalcivar/docs/dise_o_y_control_de_mezclas_de_con).
- LEI, J., FENG, F., XU, S., WEN, W. y HE, X., 2022. Study on mechanical properties of modified polyurethane concrete at different temperatures. *Applied Sciences (Switzerland)* [en línea], vol. 12, no. 6. ISSN 20763417. DOI 10.3390/app12063184. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/6/3184>.
- LÓPEZ, S., 2019. *Análisis de las propiedades mecánicas del concreto al añadir fibras de acero en forma triangular* [en línea]. S.l.: Universidad Santo Tomás. Disponible

en:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21640/2020sebastianlopez?sequence=14>.

METHA, K. y MONTEIRO, P., 2008. *Concreto: estructura, propiedades y materiales* [en línea]. S.l.: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=oVgAAQAACAAJ>.

MOLINA, B. y TERÁN, J., 2019. *Análisis del fraguado y de la resistencia a la compresión de pastas de cemento sustituidas parcialmente por polvo cerámico* [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18190>.

MTC, 2016. *Manual de ensayos de materiales*. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

MVCS, 2020. *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)* [en línea]. 2020. S.l.: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>.

QUISPE, K., 2018. *Aplicación de técnicas sostenibles de reparación de la fisuración del concreto armado en edificaciones* [en línea]. S.l.: Pontificia Universidad Católica del Perú. [Consulta: 22 febrero 2023]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/10195>.

RIVERA, G., 2007. *Concreto simple* [en línea]. 2007. Primera. S.l.: Universidad de Cauca. Disponible en: <https://www.udocz.com/read/tecnologia-concreto-y-mortero-rivera-pdf>.

RIVERA, G., 2013. *Concreto Simple* [en línea]. Primera. Colombia: Universidad del Cauca. Disponible en: [https://www.academia.edu/13569512/CONCRETO\\_SIMPLE](https://www.academia.edu/13569512/CONCRETO_SIMPLE).

RODRIGUEZ, A., 2021. *Aplicación de poliuretano líquido en la impermeabilización de cimentaciones superficiales para edificaciones en zonas con presencia de nivel freático - Lima* [en línea]. S.l.: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59712>.

RUIZ, G., 2020. *Aplicación de resina de poliuretano para estabilización de la subrasante en el Centro Poblado El Potao, Barranca - 2020* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84359>.

SÁNCHEZ, D., 2000. *Tecnología del concreto y del mortero* [en línea]. Cuarta. S.l.: Bhandar Editores Ltda. ISBN 958-9247-04-0. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=EWq-QPJhsRAC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>.

## **ANEXOS**

**Anexo N° 01: matriz de consistencia**

## Matriz de consistencia

### Tesis: “Comportamiento del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál es comportamiento del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> a) ¿Cómo se modifica el contenido de aire del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas? b) ¿Cuál es la variación del slump del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas? c) ¿Cómo se modifica el fraguado del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas? d) ¿Cuál es la variación de la exudación</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar el comportamiento del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> a) Determinar la modificación del contenido de aire del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas. b) Cuantificar la variación del slump del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas. c) Determinar la modificación del fraguado del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas. d) Cuantificar la variación de la exudación del concreto</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> El concreto incrementa sus propiedades al sustituir parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b> a) El contenido de aire del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se acentúa significativamente. b) El slump del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente. c) El fraguado del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se retrasa significativamente. d) La exudación del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se reduce significativamente. e) La resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial de</p>	<p><b>Variable independiente (X):</b> Poliuretano</p> <p><b>Variable dependiente (Y):</b> Propiedades del concreto</p>	<p>- Cantidad de poliuretano</p> <p>-Propiedades en estado fresco</p> <p>-Propiedades en estado endurecido</p>	<p>- 5 % - 10 % - 15 %</p> <p>-Contenido de aire. -Slump. -Fraguado. -Exudación.</p> <p>-Resistencia a la compresión. -Módulo de elasticidad.</p>	<p><b>Método de investigación:</b> Científico. <b>Tipo de investigación:</b> Aplicada. <b>Nivel de investigación:</b> Explicativo. <b>Diseño de investigación:</b> Experimental. <b>Población:</b> La población que se considerará durante el desarrollo de la presente investigación será el concreto con poliuretano de un <math>f'c</math> de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>. <b>Muestra:</b> La cantidad de muestras determinadas mediante un tipo de muestreo probabilístico para poblaciones finitas, representa un total de 320 especímenes.</p>

<p>del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?</p> <p>e) ¿Cómo se modifica la resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?</p> <p>f) ¿Cuál es la variación del módulo de elasticidad indirecto del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas?</p>	<p>con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.</p> <p>e) Determinar la modificación de la resistencia a compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.</p> <p>f) Cuantificar la variación del módulo de elasticidad indirecto del concreto con sustitución parcial del cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas.</p>	<p>cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente.</p> <p>f) El módulo de elasticidad indirecto del concreto con sustitución parcial de cemento por resina de poliuretano para su aplicación en losas aligeradas se incrementa significativamente.</p>				
---	---	---	--	--	--	--

**Anexo N° 02: matriz de operacionalización de las variables**

	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidades</b>
<b>Variable independiente (X): Poliuretano</b>	Cantidad de Poliuretano	5%	%
		10%	%
		15%	%
<b>Variable dependiente (Y): Propiedades del concreto</b>	Propiedades en estado fresco	Contenido de aire	%
		Slump	pulgadas
		Fraguado	min
		Exudación	%
	Propiedades en estado endurecido	Resistencia a compresión	Kg/cm <sup>2</sup>
		Módulo de elasticidad indirecto	Kg/cm <sup>2</sup>

**Anexo N° 03: certificados de ensayos de laboratorio**

## DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO F'C=210 kg/cm<sup>2</sup> - 5%

<b>SOLICITANTE:</b>	RICARDO V. BRAVO ALANYA.
<b>PROYECTO:</b>	"COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACION PARALOSAS ALIGERADAS"
<b>DIRECCION:</b>	MAZAMARI - PROVINCIA DE SATIPO - REGION JUNIN
<b>FECHA:</b>	16 DE OCTUBRE DEL 2023

**PROPIEDADES DEL CONCRETO F'C=210 Kg/cm<sup>2</sup> - DOSIS DE 5 %**

- Asentamiento - SLUMP: 6" (pulgadas)
- Factor de cemento: 7.8 bolsas de cemento por m<sup>3</sup> - Cemento ANDINO T1.
- Relación agua/cemento (A/C): 0.7

Diseño del concreto F'c 210 Kg/cm <sup>2</sup> - 5%										
Código de ensayo :		02								
		A/C =		0.7		ARENA 1		51		
<b>CEMENTO</b>						POLVILLO		0		
TIPO		Dosís de RESINA		3.00%		PIEDRA 1		49		
ANDINO tipo I		Dosís de Ecotar		0.00%		PIEDRA 2		0		
						GLOBAL		100		
		Diseño F'c=		210 Kg/cm <sup>2</sup>				4.76		
Materiales	P.E (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Diseño seco para 1m <sup>3</sup>		Diseño s.s.s para 1m <sup>3</sup>		Correc. por humid.		Diseño corregido para Laboratorio	
Cemento	3150	0.1052	332	kg	332	kg	332	kg	4.97	kg
Agua	1000	0.2321	236	L	232	kg	219	L	3.29	kg
Arena 1	2622	0.3301	647	kg	665	kg	4	670	kg	13.04
Arena 2	2622	0.0000	0	kg	0	kg	0	0	kg	0.00
Piedra 1	2627	0.3171	826	kg	833	kg	0	841	kg	12.62
Piedra 2	2677	0.0000	0	kg	0	kg	0	0	kg	0.00
RESINA	1140	0.0145	16.58	kg	16.58	kg	16.6	kg	240.63	gr.
Ecotar	1100	0.0000	0	kg	0	kg	0.0	kg	0.00	gr.
Adicion	0	0.0000	0	kg	0	kg	0.0	kg	0.00	kg
Aire	1000	0.0010	1.0	%	1.00	%	1.0	%	1.00	%
Total		1.0000	2278	kg	2278	kg	2278	kg		
<b>Agua Retenida:</b>		Hendimiento		1.00		V. Móide (m <sup>3</sup> ) =		0.007050		
L		P.U.C (Kg/m <sup>3</sup> ) =		2279		Peso Neto C (Kg) =		16.066		

  
**Victor H. Granados**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 19483



Calle Mercurio S/N - Santa Rosa - Mazamari  
 Contactos: 984237937 - 991023229  
 Facebook: DISECRON EIRL  
 Pagina web: Disecron EIRL



**OBSERVACIONES:**

Aire medido	5.20	%
Agua Total	3.29	kg
Agua utilizada	3.29	kg
Agua Adicionado	0.000	kg
	0.00	kg
Aditivo 1	0.00	gr
Adicionado	0.00	gr
Aditivo 2	0.00	gr
Adicionado	0.00	gr

Mantencion del Slump					
	Inicio =	8:16 p. m.	Término =		8:20 p. m.
Tiempo	Hora	Slump	T°C mezcla	T°C Amb.	Operador
00:00	8:20 p. m.	6 Pulp.	31	26	RICARDO

**DISECRON**  
INGENIERIA ESPECIALIZADA  
CONCRETO Y SUELOS



Calle Mercurio S/N – Santa Rosa – Mazamari  
Contactos: 984237937 - 991023229  
Facebook: DISECRON EIRL  
Pagina web: Disecron EIRL

## DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO F'C=210 kg/cm<sup>2</sup> - 10%

<b>SOLICITANTE:</b>	RICARDO V. BRAVO ALANYA.
<b>PROYECTO:</b>	"COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACION PARALOSAS ALIGERADAS"
<b>DIRECCION:</b>	MAZAMARI - PROVINCIA DE SATIPO - REGION JUNIN
<b>FECHA:</b>	16 DE OCTUBRE DEL 2023

**PROPIEDADES DEL CONCRETO F'C=210 Kg/cm<sup>2</sup> - DOSIS DE 10 %**

- Asentamiento - SLUMP: 7" (pulgadas)
- Factor de cemento: 7.6 bolsas de cemento por m<sup>3</sup> - Cemento ANDINO T1.
- Relación agua/cemento (A/C): 0.69

Diseño del concreto F'c 210 Kg/cm <sup>2</sup> - 10%										
Código de ensayo :		02								
CEMENTO		A/C =		0.69		ARENA 1		% MF %ABS. %HUM		
TIPO		Dosis de RESINA		10.00%		ARENA 2		0 3.56 2.17 2.36		
ANDINO tipo I		Dosis de Ecotar		0.20%		PIEDRA 1		49 6.57 0.66 1.06		
						PIEDRA 2		0 6.51 0.55 0.27		
		Diseño F'c =		210 Kg/cm <sup>2</sup>		GLOBAL		100 4.76		
Materiales	P.E (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Diseño seco para 1m <sup>3</sup>		Diseño s.s.s para 1m <sup>3</sup>		Correc. por humed.	Diseño correg. para 1m <sup>3</sup>		Diseño corregido para Laboratorio
Cemento	3150	0.1025	323	kg	323	kg		323	kg	4.05 kg
Agua	1000	0.2229	247	L	223	kg		210	L	3.15 kg
Arena 1	2622	0.3205	844	kg	862	kg	4	866	kg	12.99 kg
Arena 2	2622	0.0000	0	kg	0	kg	0	0	kg	0.00 kg
Piedra 1	2627	0.3159	824	kg	830	kg	6	836	kg	12.57 kg
Piedra 2	2677	0.0000	0	kg	0	kg	0	0	kg	0.00 kg
RESINA	1140	0.0293	32.30	kg	32.30	kg		32.3	kg	464.5 gr.
Ecotar	1100	0.0005	1	kg	1	kg		0.6	kg	8.69 gr.
Adición	0	0.0000	0	kg	0	kg		0.0	kg	0.00 kg
Aire	1000	0.0010	1.0	%	1.00	%		1.0	%	1.00 %
Total		1.0000	2271	kg	2271	kg		2271	kg	
<b>Agua Retenida:</b>			Rendimiento	0.99			V. Molde (m <sup>3</sup> ) =	0.007050		
<b>L</b>			P.U.C (kg/m <sup>3</sup> ) =	2296			Peso Neto C (Kg) =	16.200		

  
**Victor H. Granados**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 15645





**OBSERVACIONES:**

Aire medido	6.15	%
Agua Total	3.15	kg
Agua utilizada	3.15	kg
Agua Adicionado	0.000	kg
	0.00	kg
Aditivo 1	0.00	gr
Adicionado	0.00	gr
Aditivo 2	0.00	gr
Adicionado	0.00	gr

Mantenion del Slump					
	Inicio =	4:40 p. m.	Término =		4:45 p. m.
Tiempo	Hora	Slump	T°C mezcla	T°C Amb.	Operador
00:00	4:45 p. m.	7 Pulp.	33.7	36	RICARDO

**DISECRON**  
INGENIERIA ESPECIALIZADA  
CONCRETO Y SUELOS



Calle Mercurio S/N – Santa Rosa – Mazamari  
Contactos: 984237937 - 991023229  
Facebook: DISECRON EIRL  
Pagina web: DISECRON EIRL

## DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO F'C=210 kg/cm<sup>2</sup> - 15%

<b>SOLICITANTE:</b>	RICARDO V. BRAVO ALANYA.
<b>PROYECTO:</b>	"COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACION PARALOSAS ALIGERADAS"
<b>DIRECCION:</b>	MAZAMARI - PROVINCIA DE SATIPO - REGION JUNIN
<b>FECHA:</b>	16 DE OCTUBRE DEL 2023

**PROPIEDADES DEL CONCRETO F'C=210 Kg/cm<sup>2</sup> - DOSIS DE 15 %**

- Asentamiento - SLUMP: 7" (pulgadas)
- Factor de cemento: 7.4 bolsas de cemento por m<sup>3</sup> - Cemento ANDINO T1.
- Relación agua/cemento (A/C): 0.67

Diseño del concreto F'c 210 Kg/cm <sup>2</sup> - 15%															
Código de ensayo :		03		A/C =		0.67		%	MF	%ABS.	%HUM				
<b>CEMENTO</b>				ARENA 1		51		3.03		2.17		2.66			
MARCA y TIPO		Dosis de ERESINA		15.00%		ARENA 2		0		3.56		2.17		2.36	
ANDINO Tipo I		Dosis de piedra		0.50%		PIEDRA 1		49		6.57		0.66		1.66	
				PIEDRA 2		0		6.51		0.55		0.27			
		Diseño F'c =		210		Kg/cm <sup>2</sup>		GLOBAL		100		4.76			
Materiales	P.E (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Diseño seco para 1m <sup>3</sup>	Diseño s.s.s para 1m <sup>3</sup>	Correc. por humid.	Diseño correg. para 1m <sup>3</sup>	Diseño corregido para Laboratorio								
Cemento	3150	0.0996	315 kg	315 kg		314.5 kg	4.72 kg								
Agua	1000	0.2107	234 L	211 kg		198 L	2.97 kg								
Arena 1	2622	0.3293	845 kg	563 kg	4	568 kg	13.01 kg								
Arena 2	2622	0.0000	0 kg	0 kg	0	0 kg	0.00 kg								
Piedra 1	2627	0.3164	826 kg	531 kg	8	539 kg	12.99 kg								
Piedra 2	2677	0.0000	0 kg	0 kg	0	0 kg	0.00 kg								
ERESINA	1140	0.0414	47.16 kg	47.16 kg		47.2 kg	707.63 gr.								
ECKO DM	1140	0.0014	2 kg	2 kg		1.6 kg	23.59 gr.								
Adicion	0.0000	0.0000	0 kg	0 kg		0.0 kg	0.00 kg								
Aire	1000	0.0010	1.0 %	1.00 %		1.0 %	1.00 %								
Total		1.0000	2266 kg	2266 kg		2266 kg									
<b>Agua Retenida:</b>		Rendimiento (%)		1.00		V. Molde (m <sup>3</sup> ) =		0.007050							
<b>L</b>		P.U.C (Kg/m <sup>3</sup> ) =		2266		Peso Neto C (Kg) =		15.968							

  
**Victor H. Granados**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P.N° 19463



**OBSERVACIONES:**

Aire medido	5.30	%
Agua Total	3.02	kg
Agua utilizada	2.97	kg
Agua Adicionado	0.050	kg
	0.00	kg
Aditivo 1 Adicionado	0.00	gr
Aditivo 2 Adicionado	0.00	gr
Aditivo 2 Adicionado	0.00	gr

Mantencion del Slump					
	Inicio =	5:25 p. m.	Término =		5:30 p. m.
Tiempo	Hora	Slump	T°C mezcla	T°C Amb.	Operador
00:00	5:30 p. m.	9 1/4 Pulg.	31.5	28	RICARDO

**DISECRON**  
INGENIERIA ESPECIALIZADA  
CONCRETO Y SUELOS



## DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO F'C=210 kg/cm<sup>2</sup>

<b>SOLICITANTE:</b>	RICARDO V. BRAVO ALANYA.
<b>PROYECTO:</b>	"COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACION PARALOSAS ALIGERADAS"
<b>DIRECCION:</b>	MAZAMARI - PROVINCIA DE SATIPO – REGION JUNIN
<b>FECHA:</b>	16 DE OCTUBRE DEL 2023

**PROPIEDADES DEL CONCRETO F'C=210 Kg/cm<sup>2</sup>**

- Asentamiento – SLUMP: 6" (pulgadas)
- Factor de cemento: 8.5 bolsas de cemento por m<sup>3</sup> – Cemento ANDINO T1.
- Relación agua/cemento (A/C): 0.72

Diseño del concreto F'c=210 Kg/cm <sup>2</sup> - PATRON									
Código de	01				%	M.F	%ABS.	%HUM.	
<b>CEMENTO</b>			A/C =	0.72	ARENA 1	50	3.03	2.17	2.06
TIPO	Dosis de		RESINA	0.00%	ARENA 2	0	3.58	2.17	2.38
ANDINO TIPO I	Dosis de		Ecotar	0.00%	PIEDRA 1	50	6.57	0.06	1.66
					PIEDRA 2	0	6.51	0.55	0.27
			Diseño F'c=	210 Kg/cm <sup>2</sup>	GLOBAL	100	4.80		
Materiales	P.E (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Diseño seco para 1m <sup>3</sup>	Diseño s.s.s para 1m <sup>3</sup>	Correc. por humid.	Diseño correg. para 1m <sup>3</sup>		Diseño corregido para Laboratorio	
Cemento	3150	0.1147	361 kg	361.3 kg		361	kg	5.42	kg
Agua	1000	0.2601	263 L	260 kg		260	L	3.72	kg
Arena 1	2622	0.3121	801 kg	816 kg	4	822	kg	12.33	kg
Arena 2	2622	0.0000	0 kg	0 kg	0	0	kg	0.00	kg
Piedra 1	2627	0.3121	814 kg	820 kg	6	826	kg	12.42	kg
Piedra 2	2677	0.0000	0 kg	0 kg	0	0	kg	0.00	kg
RESINA	3710	0.0000	0.00 kg	0.00 kg		0.00	kg	0.00	gr.
Ecotar	1140	0.0000	0 kg	0.00 kg		0.0	kg	0.0	gr.
Adicion	1340	0.0000	0 kg	0 kg		0.0	kg	0.00	kg
Aire	1000	0.0010	1.0 %	1.00 %		1.0	%	1.00	%
<b>Total</b>		1.0000	2259 kg	2259 kg		2259	kg	34.892	
<b>Agua Retenida:</b>			Rendimiento	0.95		V. Molde (m <sup>3</sup> ) =		0.007050	
<b>0 L</b>			P.U.C (Kg/m <sup>3</sup> ) =	2379		Peso Neto C (Kg) =		16.772	

**Victor H. Granados**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P.N° 15940



Calle Mercurio S/N – Santa Rosa – Mazamari  
 Contactos: 984237937 - 991023229  
 Facebook: DISECRON EIRL  
 Pagina web: Disecron EIRL

**OBSERVACIONES:**

Aire medido	1.30	%
Agua Total	3.72	kg
Agua utilizada	3.72	kg
Agua Adicionado	0.000	kg
	0.00	kg
RESINA Adicionado	0.00	gr
Aditivo 2 Adicionado	0.00	gr
	0.00	gr

Mantencion del Slump					
	Inicio =	9:20 p. m.	Término =		9:40 p. m.
Tiempo	Hora	Slump	T°C mezcla	T°C Amb.	Operador
00:00	9:40 p. m.	6 Ptg.	28.8	18.9	RICARDO

**DISECRON**  
INGENIERIA ESPECIALIZADA  
CONCRETO Y SUELOS







## TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

CUMPLE CON ASTM C 403

SOLICITA : RICARDO V. BRAVO ALANYA.

TESIS : \*COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS\*

REFERENCIA DEL CONCRETO (F'c = 210 kg/cm2) - DISEÑO 5% RESINA

CEMENTO (KG)	332
ARENA (KG)	870
PIEDRA (KG)	841
AGUA (KG)	219
RESINA (KG)	16.6

ADITIVOS

ADITIVO	RESINA DE POLIURETANO
---------	-----------------------

RELACIÓN AGUA/CEMENTO

A/C	0.7
-----	-----

TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)	31
SLUMP (PULG)	6"
CONTENIDO DE AIRE (%)	5.2 %
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	2279
RENDIMIENTO	1.00 %

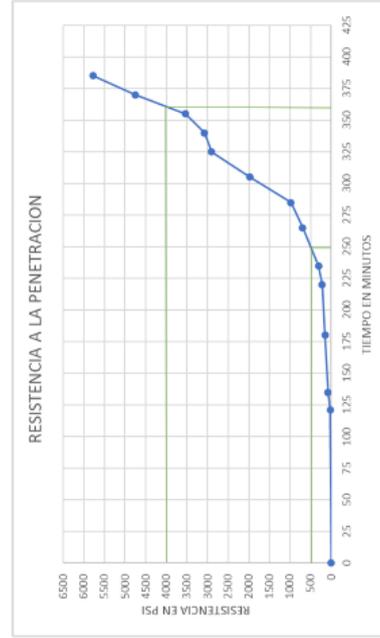
COMPRESION AXIAL

NOTA:

En el ensayo de compresion axial se evidencio el desarrollo de las resistencias.

La toma de muestras y curado se realizaron en las instalaciones del laboratorio.

H. DE ENSAYO	Hora inicial:		14.35	AREA (PULGADAS)	Nº de Muestra		D.2	Resistencia a la penetración (PSI)	
	TIEMPO TRANSCURRIDO (HORAS)	TIEMPO (MINUTOS)			fuertza N	fuertza lb			
14.35	00:00	0	0.0079	0	0	0	0	0	
16.36	02:01	121	0.0079	0.8	0.17984	23			
17.20	02:43	135	0.0079	2.8	0.62944	80			
17.53	03:00	180	0.0079	5.4	1.21392	154			
18.13	03:40	230	0.0079	7.6	1.75344	222			
18.30	03:53	235	0.0079	11	2.4728	313			
19.08	04:23	265	0.0079	24.2	5.5072	697			
19.28	04:43	285	0.0079	34.4	7.79312	979			
19.40	05:05	305	0.0079	69.3	15.57984	1972			
20:00	05:25	325	0.0079	101	22.9296	2902			
20:15	05:40	340	0.0079	108	24.2794	3073			
20:36	05:55	355	0.0079	124.3	27.94264	3337			
20:45	06:10	370	0.0079	107	23.9410	3172			
21:00	06:23	385	0.0079	203	45.6344	3777			
FRAGUA INICIAL (200 PSI):				230 min. (4.10 min)					
FRAGUA FINAL (4000 PSI):				360 min (6.00 hours)					



## TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

CUMPLE CON ASTM C 403

SOLICITA : RICARDO V. BRAVO ALANYA.

TESIS : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"

REFERENCIA DEL CONCRETO ( $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) - DISEÑO 10% RESINA

CEMENTO (KG)	323
ARENA (KG)	866
PIEDRA (KG)	838
AGUA (KG)	210
RESINA (KG)	32.3

ADITIVOS	
ADITIVO	RESINA DE POLIURETANO

### RELACIÓN AGUA/CEMENTO

A/C	0.69
TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)	33.7
SLUMP (PULG)	7"
CONTENIDO DE AIRE (%)	6.15 %
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	2298
RENDIMIENTO	0.99 %

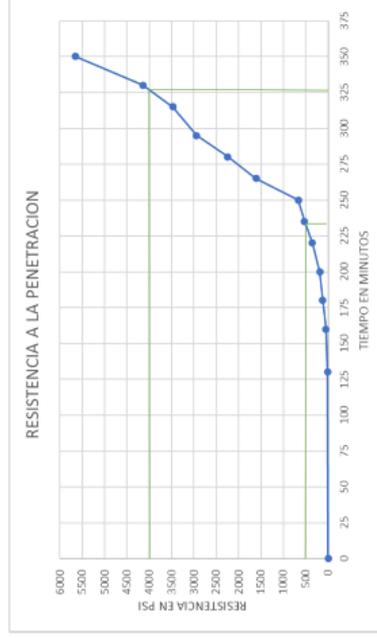
### COMPRESION AXIAL

NOTA:

En el ensayo de compresión axial se evidenció el desarrollo de las resistencias.

La toma de muestras y curado se realizaron en las instalaciones del laboratorio.

H. DE ENSAYO	Hora Inicial:		13:20	Nº de Muestra	D 3	Resistencia a la penetración (PSI)
	TIEMPO TRANSCURRIDO (HORAS)	TIEMPO (MINUTOS)				
14.32	01:15	0	0.0079	0	0	0
15.32	02:10	136	0.0079	0.5	0.1124	14
16.02	02:40	160	0.0079	1.8	0.40464	51
16.22	03:00	186	0.0079	4.3	0.90664	122
16.42	03:20	200	0.0079	6.5	1.4612	185
17.02	03:40	226	0.0079	12.4	2.78752	303
17.13	03:55	235	0.0079	18.7	4.20376	532
17.32	04:10	250	0.0079	23.5	5.2828	669
17.43	04:25	265	0.0079	56.7	12.74616	1613
18.02	04:40	286	0.0079	76.8	17.79272	2240
18.12	04:55	295	0.0079	103.5	23.2668	2845
18.22	05:15	313	0.0079	123	27.44868	3474
18.32	05:30	328	0.0079	145	31.77336	4146
18.42	05:50	358	0.0079	186.7	44.63776	5654
FRAGUA INICIAL (300 PSI)	2:30 min (1:30 min)					
FRAGUA FINAL (4000 PSI)						3:27 min (2:27 min)



## TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO

POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

CUMPLE CON ASTM C 403

SOLICITA : RICARDO V. BRAVO ALANYA.

TESIS : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"

REFERENCIA DEL CONCRETO ( $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ) - DISEÑO 15% RESINA

CEMENTO (KG)	314.5
ARENA (KG)	868
PIEDRA (KG)	839
AGUA (KG)	198
RESINA (KG)	47.2

ADITIVOS

ADITIVO	RESINA DE POLIURETANO
---------	-----------------------

RELACIÓN AGUA/CEMENTO

A/C	0.67
-----	------

TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)

TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)	31.5
-------------------------------	------

SLUMP (PULG)

SLUMP (PULG)	7"
--------------	----

CONTENIDO DE AIRE (%)

CONTENIDO DE AIRE (%)	5.3 %
-----------------------	-------

PESO UNITARIO DEL CONCRETO

PESO UNITARIO DEL CONCRETO	2265
----------------------------	------

RENDIMIENTO

RENDIMIENTO	1.00 %
-------------	--------

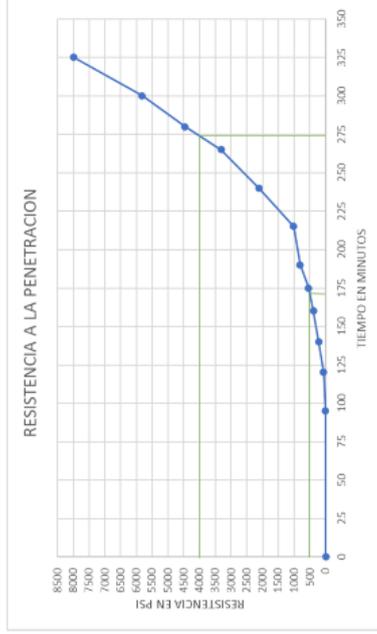
COMPRESION AXIAL

NOTA:

En el ensayo de compresión axial se evidenció el desarrollo de las resistencias.

La toma de muestras y curado se realizaron en las instalaciones del laboratorio.

H. DE ENSAYO	Hora Inicial:		11:30	ÁREA (PULGADAS)	Nº de Muestra		D 4		Resistencia a la penetración (Psi)
	TIEMPO TRANSCURRIDO (HORAS)	TIEMPO (MINUTOS)			fuerte	N	fuerte	Lib	
13-50	00:00	0	0.0079	0	0	0	0	0	0
13-25	01:35	95	0.0079	0.2	0.04490	0	0.04490	0	0
13-50	02:00	120	0.0079	2.3	0.31704	2.3	0.31704	65	65
16-10	02:20	140	0.0079	7.8	1.75344	7.8	1.75344	222	222
16-30	02:40	160	0.0079	13.0	3.07738	13.0	3.07738	387	387
16-45	02:55	175	0.0079	15.2	4.31010	15.2	4.31010	340	340
17-00	03:10	190	0.0079	28.7	6.43170	28.7	6.43170	817	817
17-25	03:35	215	0.0079	35.8	8.04784	35.8	8.04784	1019	1019
17-50	04:00	240	0.0079	74.5	16.7470	74.5	16.7470	2120	2120
18-15	04:25	265	0.0079	116.7	20.3410	116.7	20.3410	3321	3321
18-30	04:40	280	0.0079	156.8	35.24864	156.8	35.24864	4402	4402
18-50	05:00	300	0.0079	204.5	45.9710	204.5	45.9710	5819	5819
19-15	05:25	325	0.0079	280.7	63.10130	280.7	63.10130	7988	7988
FRAGUA INICIAL (300 Psi):			170 min (2:30 min)	FRAGUA FINAL (4000 Psi):		275 min (4:35 min)			



## TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

CUMPLE CON ASTM C 403

SOLICITA : RICARDO V. BRAVO ALANYA.

TESIS : \*COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACION PARALOSAS ALIGERADAS\*

REFERENCIA DEL CONCRETO (F'c = 210 kg/cm2) - DISEÑO PATRON - MUESTRA 002

CEMENTO (KG)	361.3
ARENA (KG)	822
PIEDRA (KG)	828
AGUA (KG)	248
RESINA (KG)	0

ADITIVOS	
ADITIVO	RESINA DE POLIURETANO

RELACION AGUA/CEMENTO

A/C	0.72
-----	------

TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)	28.2
SLUMP (PULG)	6"
CONTENIDO DE AIRE (%)	1.3 %
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	2379
RENDIMIENTO	0.95 %

COMPRESION AXIAL

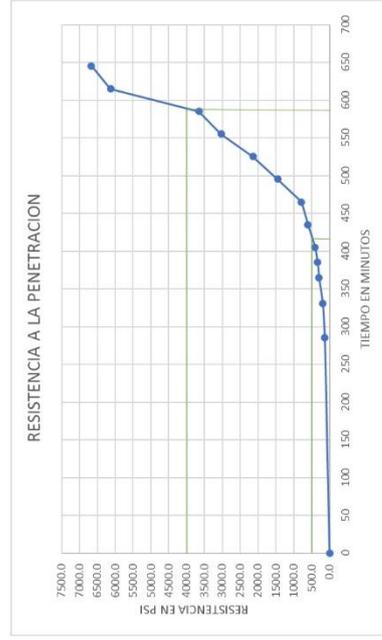
NOTA:

En el ensayo de compresion axial se evidencia que el concreto esta al 100 % de su resistencia entre 14 a 16 dias de edad.

La toma de muestras y curado debe de realizarse por personal tecnico calificado que garantice el buen proceso de los ensayos.



H. DE ENSAYO	Hora Inicial:		11:30	AREA (PULGADAS)	Nº de Muestra		2:00	Resistencia a la penetración (PSI)
	TIEMPO TRANSCURRIDO (HORAS)	TIEMPO (MINUTOS)			fuera	fuera		
12:30	01:00	0	0.0079	0	0	0	0	0
16:15	04:45	285	0.0079	4.7	1.05656	134		
17:00	05:30	330	0.0079	6.9	1.55112	196		
17:35	06:05	365	0.0079	10.6	2.38288	302		
17:55	06:25	385	0.0079	12	2.6976	341		
18:15	06:45	405	0.0079	14.5	3.2596	413		
18:45	07:15	435	0.0079	21.6	4.85568	615		
19:15	07:45	465	0.0079	27.8	6.24944	791		
19:45	08:15	495	0.0079	51.3	11.53224	1460		
20:15	08:45	525	0.0079	75.6	16.99488	2151		
20:45	09:15	555	0.0079	106.8	24.00864	3089		
21:15	09:45	585	0.0079	138.7	38.93176	3662		
21:45	10:15	615	0.0079	215.6	48.46688	6135		
22:15	10:45	645	0.0079	234.5	52.7156	6973		
FRAGUA INICIAL (500 PSI):				415 min (6:55 min)	FRAGUA FINAL (4000 PSI):		590 min (9:50 min)	



## TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

CUMPLE CON ASTM C 403

SOLICITA : RICARDO V. BRAVO ALANYA.

TESIS : \*COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACION PARALOSAS ALIGERADAS\*

REFERENCIA DEL CONCRETO (F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>) - DISEÑO 5% RESINA – MUESTRA 2

CEMENTO (KG)	332
ARENA (KG)	870
PIEDRA (KG)	841
AGUA (KG)	219
RESINA (KG)	16.6

ADITIVOS

ADITIVO	RESINA DE POLIURETANO
---------	-----------------------

RELACION AGUA/CEMENTO

A/C	0.7
-----	-----

TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)	30.1
SLUMP (PULG)	6"
CONTENIDO DE AIRE (%)	5.2 %
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	2279
RENDIMIENTO	1.00 %

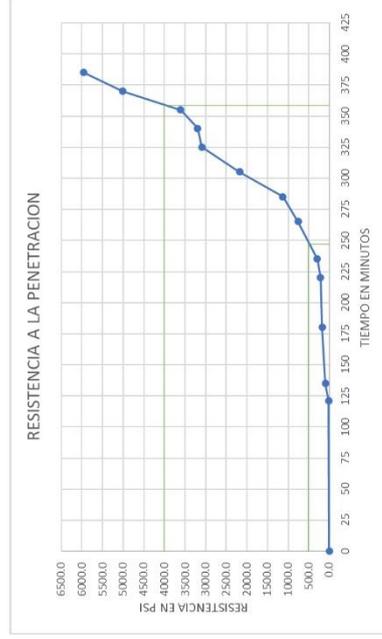
COMPRESION AXIAL

NOTA:

En el ensayo de compresion axial se evidencio el desarrollo de las resistencias.

La toma de muestras y curado se realizaron en las instalaciones del laboratorio.

H. DE ENSAYO	Hora Inicial:		15:00	Nº de Muestra		Resistencia a la penetración (PSI)
	TIEMPO TRANSCURRIDO (HORAS)	TIEMPO (MINUTOS)		AREA (PULGADAS)	fuereza	
15:00	00:00	0	0.0079	N	0	0
17:01	02:01	121	0.0079	0.6	0.13488	17
17:45	02:45	135	0.0079	3.4	0.76432	97
18:00	03:00	180	0.0079	6.1	1.37128	174
18:40	03:40	220	0.0079	7.6	1.70848	216
18:55	03:55	235	0.0079	10.3	2.31544	293
19:25	04:25	265	0.0079	26.7	6.0216	760
19:45	04:45	285	0.0079	39.8	8.94704	1133
20:05	05:05	305	0.0079	76.54	17.20632	2178
20:25	05:25	325	0.0079	108.7	24.43576	3093
20:40	05:40	340	0.0079	112.4	25.46752	3198
20:55	05:55	355	0.0079	126.7	28.48216	3605
21:10	06:10	370	0.0079	176.1	39.58728	5011
21:25	06:25	385	0.0079	209.2	47.02816	5953
FRAGUA INICIAL (500 PSI):				245 min (4:05 min)		
FRAGUA FINAL (4000 PSI):				209.2	47.02816	368 min (6:08 min)



## TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

CUMPLE CON ASTM C 403

SOLICITA : RICARDO V. BRAVO ALANYA.

TESIS : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACION PARALOSAS ALIGERADAS"

REFERENCIA DEL CONCRETO (F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>) - DISEÑO 10% RESINA - M 02

CEMENTO (KG)	323
ARENA (KG)	866
PIEDRA (KG)	838
AGUA (KG)	210
RESINA (KG)	32.3

ADITIVOS	
ADITIVO	RESINA DE POLIURETANO

RELACION AGUA/CEMENTO

A/C	0.69
-----	------

TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)	33.7
SLUMP (PULG)	7"
CONTENIDO DE AIRE (%)	6.15 %
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	2298
RENDIMIENTO	0.99 %

COMPRESION AXIAL

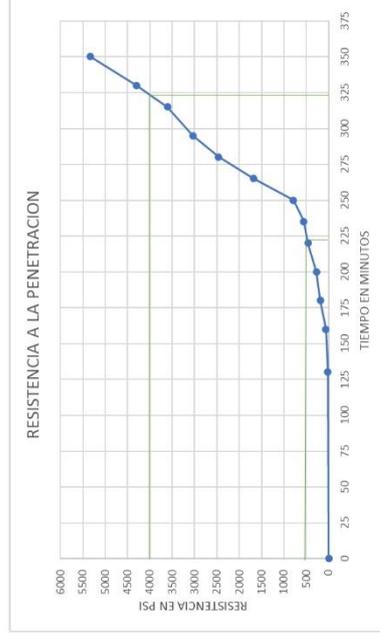
NOTA:

En el ensayo de compresion axial se evidencio el desarrollo de las resistencias.

La toma de muestras y curado se realizaron en las instalaciones del laboratorio.



H. DE ENSAYO	Hora Inicial: TIEMPO TRANSCURRIDO (HORAS)	14-30 TIEMPO (MINUTOS)	AREA (PULGADAS)	Nº de Muestra		D 3 - M2		Resistencia a la penetracion (Psi)	
				fuera	N	fuera	lb		
14:30	00:00	0	0.0079	0	0	0	0	0	
16:05	01:35	95	0.0079	0.7	0.15796	20	0	20	
16:30	02:00	120	0.0079	2.3	0.51704	65	1.50616	65	
17:00	02:20	140	0.0079	6.7	1.50616	191	2.15808	191	
17:10	02:40	160	0.0079	9.6	2.15808	273	3.66424	273	
17:25	02:55	175	0.0079	16.3	3.66424	464	4.42856	464	
17:40	03:10	190	0.0079	19.7	4.42856	561	6.24944	561	
18:05	03:35	215	0.0079	27.8	6.24944	791	13.2632	791	
18:30	04:00	240	0.0079	59	13.2632	1679	24.00864	1679	
18:55	04:25	265	0.0079	86.5	19.4452	2461	28.48216	2461	
19:10	04:40	280	0.0079	106.8	24.00864	3039	33.98976	3039	
19:30	05:00	300	0.0079	126.7	28.48216	3605	42.15	3605	
19:55	05:25	325	0.0079	151.2	33.98976	4303	323 mmi (5.23 min)	4303	
20:30	05:50	350	0.0079	187.5	42.15	5335		5335	
FRAGUA INICIAL (500 PSI):				223 min (3.47 min)					
FRAGUA FINAL (4000 PSI):				187.5					



## TIEMPO DE FRAGUA DEL CONCRETO POR RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

CUMPLE CON ASTM C 403

SOLICITA : RICARDO V. BRAVO ALANYA.

TESIS : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACION PARALOSAS ALIGERADAS"

REFERENCIA DEL CONCRETO (F'c = 210 kg/cm2) - DISEÑO 15% RESINA - MUESTRA 02

CEMENTO (KG)	314.5
ARENA (KG)	888
PIEDRA (KG)	839
AGUA (KG)	198
RESINA (KG)	47.2

ADITIVOS

ADITIVO	RESINA DE POLIURETANO
---------	-----------------------

RELACION AGUA/CEMENTO

A/C	0.67
-----	------

TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)	31.5
SLUMP (PULG)	7"
CONTENIDO DE AIRE (%)	5.3 %
PESO UNITARIO DEL CONCRETO	2265
RENDIMIENTO	1.00 %

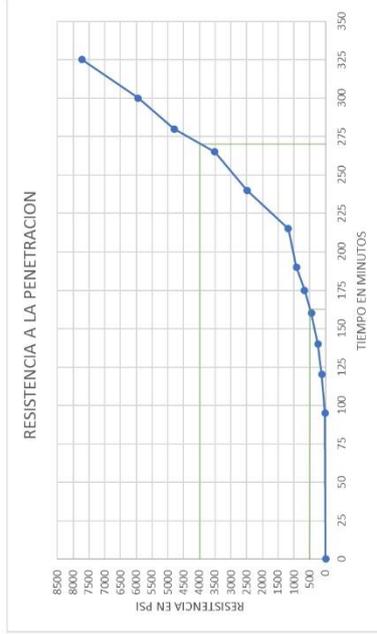
COMPRESION AXIAL

NOTA:

En el ensayo de compresion axial se evidencian el desarrollo de las resistencias.

La toma de muestras y curado se realizaron en las instalaciones del laboratorio.

H. DE ENSAYO	Hora Inicial:		14:00	Nº de Muestra	D 4 - M2		Resistencia a la penetración (PSI)
	TIEMPO TRANSCURRIDO (HORAS)	TIEMPO (MINUTOS)			fuereza	fuereza	
14:00	00:00	0	0	0	0	0	0
15:35	01:35	95	0.0079	0.6	0.13488	17	
16:00	02:00	120	0.0079	4.3	0.36664	122	
16:20	02:20	140	0.0079	8.5	1.9108	242	
16:40	02:40	160	0.0079	15.7	3.52936	447	
16:55	02:55	175	0.0079	23.4	5.26032	666	
17:10	03:10	190	0.0079	32.5	7.306	925	
17:35	03:35	215	0.0079	41.7	9.37416	1187	
18:00	04:00	240	0.0079	87.6	19.69248	2493	
18:25	04:25	265	0.0079	123.5	27.7628	3514	
18:40	04:40	280	0.0079	168.9	37.96872	4806	
19:00	05:00	300	0.0079	208.8	46.98824	5942	
19:25	05:25	325	0.0079	271.2	60.96576	7717	
FRAGUA INICIAL (500 PSI):			163 min (2:47 min)	FRAGUA FINAL (4000 PSI):		270 min (4:30 min)	



## FRAGUA INICIAL Y FINAL DEL CONCRETO

SOLICITANTE:	RICARDO V. BRAVO ALANYA.
PROYECTO:	"COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"
DIRECCION:	MAZAMARI - PROVINCIA DE SATIPO – REGION JUNIN
FECHA:	30 DE OCTUBRE DEL 2023

### PROMEDIOS DE FRAGUAS INICIALES Y FINALES.

DISEÑO 01 - PATRON			
M 001		M 002	
F. INICIAL	F. FINAL	F. INICIAL	F. FINAL
425	590	415	590
FRAGUA INICIAL		FRAGUA FINAL	
420 min (7 h.)		590 min (9:50 min)	

DISEÑO 02 - 5% DE RESINA			
M 001		M 002	
F. INICIAL	F. FINAL	F. INICIAL	F. FINAL
250	360	245	368
FRAGUA INICIAL		FRAGUA FINAL	
247.5 min (4:07 min.)		364 min (6:04 min)	

DISEÑO 03 - 10% DE RESINA			
M 001		M 002	
F. INICIAL	F. FINAL	F. INICIAL	F. FINAL
230	325	223	323
FRAGUA INICIAL		FRAGUA FINAL	
226.5 min (3:46 min.)		324 min (5:24 min)	

DISEÑO 03 - 15% DE RESINA			
M 001		M 002	
F. INICIAL	F. FINAL	F. INICIAL	F. FINAL
170	275	163	270
FRAGUA INICIAL		FRAGUA FINAL	
166.5 min (2:46 min.)		272.5 min (4:32 min)	



# CERTIFICADO: EXUDACIÓN DEL CONCRETO



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS

**SOLICITA** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**TESIS** : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"  
**UBICACION** : MAZAMARI – SATIPO - JUNIN  
**FECHA** : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EXUDACION DE CONCRETO. (N.T.P. 339.077)

DISEÑO Nº 1 - CONCRETO PATRON - MUESTRA 01			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	5.2	5.2	0.52
15	9.8	15	0.65
20	10	25	0.50
25	6.7	31.7	0.27
30	4.5	36.2	0.15
35	2.1	38.3	0.06
40	0.4	38.7	0.01
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.45

DISEÑO Nº 1 - CONCRETO PATRON - MUESTRA 02			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	5.3	5.3	0.53
15	9.5	14.8	0.63
20	10.1	24.9	0.51
25	6.8	31.7	0.27
30	4.3	36	0.14
35	2	38	0.06
40	0.6	38.6	0.02
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.45

DISEÑO Nº 1 - CONCRETO PATRON - MUESTRA 03			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	4.8	4.8	0.48
15	9.7	14.5	0.65
20	10.4	24.9	0.52
25	6.9	31.8	0.28
30	4.6	36.4	0.15
35	2.2	38.6	0.06
40	0.5	39.1	0.01
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.45

% DE EXUDACION	
0.21	ml/cm <sup>2</sup>

% DE EXUDACION	
0.21	ml/cm <sup>2</sup>

% DE EXUDACION	
0.22	ml/cm <sup>2</sup>

% DE EXUDACION PROMEDIO	
0.214	ml/cm <sup>2</sup>

*Ricardo V. Bravo Alanya*  
 Ricardo V. Bravo Alanya  
 INGENIERO CIVIL  
 N.º 17 897 662



Av. Marginal N°1200 – Mazamari  
 Contactos: 984237937 - 991023229  
 Facebook: DISECRON EIRL  
 Pagina web: Disecron EIRL

# CERTIFICADO: EXUDACIÓN DEL CONCRETO



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
LABORATORIO DE AGREGADOS**

**SOLICITA** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**TESIS** : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"  
**UBICACION** : MAZAMARI – SATIPO - JUNIN  
**FECHA** : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

## METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EXUDACION DE CONCRETO. (N.T.P. 339.077)

DISEÑO Nº 2 - CONCRETO 5% - MUESTRA 01			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	4.7	4.7	0.47
15	8.6	13.3	0.57
20	7.6	20.9	0.38
25	5.4	26.3	0.22
30	1.2	27.5	0.04
35	1.1	28.6	0.03
40	0.5	28.9	0.01
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.45

% DE EXUDACION	
0.16	ml/cm <sup>2</sup>

DISEÑO Nº 2 - CONCRETO 5% - MUESTRA 02			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	4.4	4.4	0.44
15	9.8	14.2	0.65
20	8.4	22.6	0.42
25	5	27.6	0.20
30	1.4	29	0.05
35	0.9	29.9	0.03
40	0.5	30.2	0.01
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.45

% DE EXUDACION	
0.17	ml/cm <sup>2</sup>

DISEÑO Nº 2 - CONCRETO 5% - MUESTRA 03			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	5.1	5.1	0.51
15	30.4	15.5	0.69
20	8	23.5	0.40
25	4.6	28.1	0.18
30	2	30.1	0.07
35	1.1	31.2	0.03
40	0.6	31.8	0.02
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.45

% DE EXUDACION	
0.18	ml/cm <sup>2</sup>

% DE EXUDACION PROMEDIO	
0.167	ml/cm <sup>2</sup>

**DISECRON**  
INGENIERIA ESPECIALIZADA  
CONCRETO Y SUELOS



Av. Marginal N°1200 – Mazamari  
 Contactos: 984237937 - 991023229  
 Facebook: DISECRON EIRL  
 Pagina web: Disecron EIRL

# CERTIFICADO: EXUDACIÓN DEL CONCRETO



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS

**SOLICITA** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**TESIS** : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"  
**UBICACION** : MAZAMARI – SATIPO - JUNIN  
**FECHA** : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EXUDACION DE CONCRETO. (N.T.P. 339.077)

DISEÑO Nº 3 - CONCRETO 10% - MUESTRA 01			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	3.8	3.8	0.38
15	8.1	11.9	0.54
20	7.3	19.2	0.37
25	4.4	23.6	0.18
30	2.1	25.7	0.07
35	0.9	26.6	0.03
40	0	26.6	0.00
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.45

DISEÑO Nº 3 - CONCRETO 10% - MUESTRA 02			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	4	4	0.4
15	9.3	13.3	0.62
20	7	20.3	0.35
25	4.6	24.9	0.18
30	1.5	26.4	0.05
35	0.6	27	0.02
40	0	27	0.00
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.45

DISEÑO Nº 3 - CONCRETO 10% - MUESTRA 03			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	3.5	3.5	0.35
15	10	15.5	0.67
20	7.3	22.8	0.37
25	4.3	27.1	0.17
30	2.4	29.5	0.08
35	0.6	30.1	0.02
40	0.2	30.3	0.01
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.45

% DE EXUDACION	
0.15	ml/cm <sup>2</sup>

% DE EXUDACION	
0.15	ml/cm <sup>2</sup>

% DE EXUDACION	
0.17	ml/cm <sup>2</sup>

% DE EXUDACION PROMEDIO	
0.154	ml/cm <sup>2</sup>

Ricardo V. Bravo Alanya  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 17090



Av. Marginal N°1200 – Mazamari  
 Contactos: 984237937 - 991023229  
 Facebook: DISECRON EIRL  
 Pagina web: Disecron EIRL

# CERTIFICADO: EXUDACIÓN DEL CONCRETO



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS

**SOLICITA** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**TESIS** : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"  
**UBICACION** : MAZAMARI – SATIPO - JUNIN  
**FECHA** : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EXUDACION DE CONCRETO. (N.T.P. 339.077)

DISEÑO Nº 4 - CONCRETO 15% - MUESTRA 01			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	3.1	3.1	0.31
15	7.9	11	0.53
20	6.5	17.5	0.33
25	3.6	21.1	0.14
30	1.1	22.2	0.04
35	0.4	22.6	0.01
40	0	22.6	0.00
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.43

DISEÑO Nº 4 - CONCRETO 15% - MUESTRA 02			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	3.3	3.3	0.33
15	7.6	10.9	0.51
20	6	16.9	0.30
25	3.2	20.1	0.13
30	1.8	21.9	0.06
35	0.7	22.6	0.02
40	0.1	22.8	0.01
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.43

DISEÑO Nº 4 - CONCRETO 15% - MUESTRA 03			
TIEMPO	VOLUMEN PARCIAL EXUDADO	VOLUMEN EXUDADO ACUMULADO	VELOCIDAD DE EXUDACION
min	ml	ml	ml/min
0	0	0	0
10	3.2	3.2	0.32
15	7.3	10.5	0.49
20	6.2	16.7	0.31
25	2.8	19.5	0.11
30	2.1	21.6	0.07
35	0.9	22.5	0.03
40	0.6	23.1	0.02
50	0	0	0.00
area del molde (cm <sup>2</sup> )			181.43

% DE EXUDACION	
0.12	ml/cm <sup>2</sup>

% DE EXUDACION	
0.13	ml/cm <sup>2</sup>

% DE EXUDACION	
0.13	ml/cm <sup>2</sup>

% DE EXUDACION PROMEDIO	
0.126	ml/cm <sup>2</sup>

*Ricardo V. Bravo Alanya*  
 Ricardo V. Bravo Alanya  
 Ingeniero Civil  
 UPEL (UNIVERSIDAD PERUANA DE LA ESCALERA)



Av. Marginal N°1200 – Mazamari  
 Contactos: 984237937 - 991023229  
 Facebook: DISECRON EIRL  
 Pagina web: Disecron EIRL

# CERTIFICADO DE COMPRESION AXIAL



"Año de la unidad, la paz y el Desarrollo"

## METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS (NTP 339. 049)

**SOLICITANTE** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**PROYECTO** : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"  
**UBICACION** : DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO – REGIÓN JUNÍN.  
**FECHA EMISION:** 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### CERTIFICADO DE COMPRESIÓN AXIAL N°090-2023-DSC

APLICACIÓN: DISEÑO N° 01.

N°	DISEÑO	F'c	HUSO	FECHA		EDAD EN DIAS	CARGA(KN)	D	AREA	RESISTENCIA kg/cm2	PROMEDIO	TIPO DE ROTURA	%
				MOLDEO	ROTURA								
1	01	230	36	21/07/2023	22/07/2023		142.1	10	78.54	184.49	174.07	1	87.85
2	01	230	36	21/07/2023	22/07/2023		131.0	10	78.54	170.80		2	81.36
3	01	230	36	21/07/2023	22/07/2023	1	129.9	10	78.54	168.85	1	80.31	
4	01	230	36	21/07/2023	24/07/2023		162.3	10	78.54	210.72	224.00	3	100.34
5	01	230	36	21/07/2023	24/07/2023		178.4	10	78.54	231.62		5	110.30
6	01	230	36	21/07/2023	24/07/2023	3	176.9	10	78.54	229.67	4	109.37	
7	01	230	36	21/07/2023	26/07/2023		211.3	10	78.54	274.33	269.06	2	130.64
8	01	230	36	21/07/2023	26/07/2023		200.5	10	78.54	260.31		1	123.96
9	01	230	36	21/07/2023	26/07/2023	7	209.9	10	78.54	272.52	2	129.77	
10	01	230	36	21/07/2023	4/08/2023		273	10	78.54	354.44	333.58	3	168.78
11	01	230	36	21/07/2023	4/08/2023		252.9	10	78.54	328.34		3	156.35
12	01	230	36	21/07/2023	4/08/2023	34	244.9	10	78.54	317.96	2	151.41	
13	01	230	36	21/07/2023	11/08/2023		206.2	10	78.54	245.61	347.05	1	164.58
14	01	230	36	21/07/2023	11/08/2023		268.9	10	78.54	348.12		2	166.25
15	01	230	36	21/07/2023	11/08/2023	21	206.3	10	78.54	248.34	1	105.88	
16	01	230	36	21/07/2023	16/08/2023		270.8	10	78.54	351.36	354.01	4	187.42
17	01	230	36	21/07/2023	16/08/2023		279.7	10	78.54	365.14		1	172.92
18	01	230	36	21/07/2023	16/08/2023	28	267.3	10	78.54	347.30	3	163.38	

#### TIPO DE FRACTURA:



#### OBSEVACIONES:

- CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LFP-033-2023 – FECHA 14/04/2023.
- TODOS LOS ENSAYOS DEL PRESENTE INFORME SE REALIZARON EN LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DISECRON E.I.R.L.
- EL USO E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS ES RESPONSABILIDAD Y EXCLUSIVIDAD DEL SOLICITANTE.

*[Firma]*  
**Victor H. Brando Brando**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 107465



Calle Mercurio S/N – Santa Rosa – Mazamari  
 Contactos: 984237937 - 991023229  
 Facebook: DISECRON EIRL  
 Pagina web: Discron EIRL

# CERTIFICADO DE COMPRESION AXIAL



"Año de la unidad, la paz y el Desarrollo"

## METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS (NTP 339. 049)

**SOLICITANTE** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**PROYECTO** : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"  
**UBICACION** : DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO – REGIÓN JUNÍN.  
**FECHA EMISION**: 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### CERTIFICADO DE COMPRESIÓN AXIAL N°091-2023-DSC

APLICACIÓN: DISEÑO N° 02.

N°	DISEÑO	F'c	HUSO	FECHA		EDAD EN DIAS	CARGA (KN)	D	AREA	RESISTENCIA kg/cm2	PROMEDIO	TIPO DE ROTURA	%
				MOLEDO	ROTURA								
1	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	26/07/2023		103.4	10	78.34	134.23	131.87	2	83.93
2	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	26/07/2023		102.7	10	78.34	133.34		3	83.49
3	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	26/07/2023	1	98.6	10	78.34	128.01		1	90.90
4	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	30/07/2023		136.4	10	78.34	177.09	179.38	3	94.33
5	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	30/07/2023		140.5	10	78.34	188.31		4	89.95
6	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	30/07/2023	3	132.6	10	78.34	172.16	255.81	1	81.98
7	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	3/08/2023		195.5	10	78.34	251.22		3	119.63
8	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	3/08/2023		202	10	78.34	262.20	254.70	2	124.89
9	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	3/08/2023	7	195.6	10	78.34	253.95		1	120.99
10	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	10/08/2023		220.5	10	78.34	327.83	333.75	4	136.11
11	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	10/08/2023		226.8	10	78.34	333.41		2	138.77
12	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	10/08/2023	14	201.9	10	78.34	340.03	300.30	1	181.92
13	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	17/08/2023		271.4	10	78.34	352.36		1	167.79
14	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	17/08/2023		205.3	10	78.34	348.64	308.30	3	166.49
15	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	17/08/2023	21	278.9	10	78.34	362.10		1	172.43
16	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	24/08/2023		270.8	10	78.34	352.89	308.30	1	168.04
17	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	24/08/2023		285	10	78.34	375.21		5	178.67
18	02 - 5% RES.	230	56	27/07/2023	24/08/2023	28	205.6	10	78.34	370.80	3	176.57	

#### TIPO DE FRACTURA:



#### OBSEVACIONES:

- CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LFP-033-2023 – FECHA 14/04/2023.
- TODOS LOS ENSAYOS DEL PRESENTE INFORME SE REALIZARON EN LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DISECRON E.I.R.L.
- EL USO E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS ES RESPONSABILIDAD Y EXCLUSIVIDAD DEL SOLICITANTE.

*[Firma]*  
 DISECRON  
 INGENIERIA ESPECIALIZADA  
 CONCRETO Y SUELOS



Calle Mercurio S/N – Santa Rosa – Mazamari  
 Contactos: 984237937 - 991023229  
 Facebook: DISECRON EIRL  
 Pagina web: Disecron EIRL

# CERTIFICADO DE COMPRESION AXIAL



"Año de la unidad, la paz y el Desarrollo"

## METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS (NTP 339. 049)

**SOLICITANTE** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**PROYECTO** : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"  
**UBICACION** : DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO – REGIÓN JUNÍN.  
**FECHA EMISION**: 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### CERTIFICADO DE COMPRESIÓN AXIAL N°092-2023-DSC

APLICACIÓN: DISEÑO N° 03.

N°	DISEÑO	F'c	HUSO	FECHA		EDAD EN DIAS	CARGA(KN)	D	AREA	RESISTENCIA kg/cm2	PROMEDIO	TIPO DE ROTURA	%
				MOLDEO	ROTURA								
1	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	29/07/2023		80.3	10	78.54	112.04	112.00	4	53.35
2	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	29/07/2023		91.2	10	78.54	118.41		2	56.38
3	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	29/07/2023	1	81.3	10	78.54	105.25		2	50.20
4	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	31/07/2023		96.4	10	78.54	125.36	128.88	1	59.60
5	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	31/07/2023		100.3	10	78.54	130.22		5	62.01
6	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	31/07/2023	3	101.1	10	78.54	131.26		3	62.50
7	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	4/08/2023		170.7	10	78.54	221.62	207.13	2	105.53
8	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	4/08/2023		155.7	10	78.54	202.15		1	96.26
9	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	4/08/2023	7	152.2	10	78.54	197.80		3	94.10
10	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	11/08/2023		168.3	10	78.54	218.51	220.84	4	104.05
11	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	11/08/2023		170.4	10	78.54	221.23		1	105.35
12	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	11/08/2023	34	171.0	10	78.54	222.79		3	108.09
13	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	18/08/2023		178.8	10	78.54	231.48	235.47	2	110.23
14	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	18/08/2023		184.5	10	78.54	238.54		2	114.07
15	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	18/08/2023	21	181.3	10	78.54	235.39		4	112.09
16	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	25/08/2023		190.2	10	78.54	246.94	242.20	2	117.59
17	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	25/08/2023		185.3	10	78.54	240.58		2	114.56
18	03 - 10% RES.	230	36	28/07/2023	25/08/2023	28	195.4	10	78.54	251.09		1	115.57

#### TIPO DE FRACTURA:



#### OBSERVACIONES:

- CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LFP-033-2023 – FECHA 14/04/2023.
- TODOS LOS ENSAYOS DEL PRESENTE INFORME SE REALIZARON EN LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DISECRON E.I.R.L.
- EL USO E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS ES RESPONSABILIDAD Y EXCLUSIVIDAD DEL SOLICITANTE.

*[Firma]*  
**Victor H. Bravo Alanya**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 18748



Calle Mercurio S/N – Santa Rosa – Mazamari

Contactos: 984237937 - 991023229

Facebook: DISECRON EIRL

Página web: DISECRON EIRL

# CERTIFICADO DE COMPRESION AXIAL



"Año de la unidad, la paz y el Desarrollo"

## METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS (NTP 339. 049)

**SOLICITANTE** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**PROYECTO** : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"  
**UBICACION** : DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO – REGIÓN JUNÍN.  
**FECHA EMISION**: 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### CERTIFICADO DE COMPRESIÓN AXIAL N°093-2023-DSC

APLICACIÓN: DISEÑO N° 04.

N°	DISEÑO	F' C	HUSO	FECHA		EDAD EN DIAS	CARGA (KN)	D	AREA	RESISTENCIA kg/cm2	PROMEDIO	TIPO DE ROTURA	%
				MOLEDO	ROTURA								
1	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	29/07/2023		76.2	10	78.34	98.93	93.05	1	47.11
2	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	29/07/2023		71.4	10	78.34	92.70		5	44.14
3	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	29/07/2023	1	88.6	10	78.34	89.32		4	42.54
4	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	31/07/2023		88.3	10	78.34	114.04		2	54.59
5	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	31/07/2023		88.5	10	78.34	114.90		3	94.71
6	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	31/07/2023	3	94.4	10	78.34	122.30	1	38.38	
7	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	4/08/2023		120.3	10	78.34	195.14	4	92.92	
8	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	4/08/2023		148.1	10	78.34	192.28	195.96	1	91.56
9	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	4/08/2023	7	154.4	10	78.34	200.46	1	95.46	
10	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	11/08/2023		152.3	10	78.34	197.73	2	94.16	
11	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	11/08/2023		161.5	10	78.34	209.88	204.96	3	99.85
12	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	11/08/2023	14	159.8	10	78.34	207.47	1	98.80	
13	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	18/08/2023		105.8	10	78.34	215.26	1	102.51	
14	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	18/08/2023		102.8	10	78.34	218.85	211.56	2	100.40
15	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	18/08/2023	21	108.7	10	78.34	208.84	4	99.35	
16	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	25/08/2023		157.8	10	78.34	204.87	1	97.56	
17	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	25/08/2023		189.5	10	78.34	238.24	208.71	4	113.45
18	04-15% RES.	230	36	28/07/2023	25/08/2023	28	108.7	10	78.34	219.03	1	104.30	

#### TIPO DE FRACTURA:



#### OBSEVACIONES:

- CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LFP-033-2023 – FECHA 14/04/2023.
- TODOS LOS ENSAYOS DEL PRESENTE INFORME SE REALIZARON EN LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO DISECRON E.I.R.L.
- EL USO E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS ES RESPONSABILIDAD Y EXCLUSIVIDAD DEL SOLICITANTE.

*[Firma]*  
 Ing. Ricardo V. Bravo Alanya  
 DISECRON E.I.R.L.  
 INGENIERIA ESPECIALIZADA  
 CONCRETO Y SUELOS



Calle Mercurio S/N – Santa Rosa – Mazamari  
 Contactos: 984237937 - 991023229  
 Facebook: DISECRON EIRL  
 Pagina web: Discron EIRL

# CERTIFICADO: PROPIEDADES FÍSICAS AGREGADO FINO



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS

SOLICITA : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
 TESIS : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"  
 UBICACION : MAZAMARI – SATIPO - JUNIN  
 FECHA : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO (ARENA GRUESA)

#### ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO FINO. (N.T.P. 400.012)

UBICACIÓN DE CANTERA: RIO SATIPO KM 8 – ARENA GRUESA

GRANULOMETRIA						HUSO: Arena Gruesa	
TAMIZ	DIAMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) Q' PASA	MINIMO	MAXIMO
1/2"	12.700	0	0.00	0.00	100.00	100	100
3/8"	9.525	0.8	0.09	0.09	99.91	100	100
N° 4	4.75	76.8	8.99	9.08	90.92	100	95
N° 8	2.36	85.1	9.96	19.04	80.96	100	80
N° 16	1.18	141.7	16.58	35.62	64.38	85	50
N° 30	0.59	240.5	28.14	63.76	36.24	60	25
N° 50	0.297	157	18.37	82.13	17.87	30	10
N° 100	0.149	93.4	10.93	93.06	6.94	10	2
FONDO	0.000	59.3	6.94	100.00	0.00		
	SUMA	854.60	100.00				

M.F= 3.03



*Victor H. Granados*  
 DISECRON  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. N° 19440



Av. Marginal N°1200 – Mazamari  
 Contactos: 984237937 - 991023229  
 Facebook: DISECRON EIRL  
 Pagina web: Disecron EIRL

# CERTIFICADO: PROPIEDADES FISICAS AGREGADO FINO



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS

SOLICITA	: RICARDO V. BRAVO ALANYA.
TESIS	: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"
UBICACION	: MAZAMARI – SATIPO - JUNIN
FECHA	: 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### METODO DE PRUEVA DE EQUIVALENTE DE ARENA Y AGREGADO FINO.

N.T.P. 339.146

CANTERA	RIO SATIPO KM 8
MUESTRA	1
%EQUIVALENTE DE ARENA	83%

### METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR MATERIALES MAS FINOS QUE PASAN POR EL TAMIZ (N° 200) POR LAVADO.

(N.T.P. 400.018)

UBICACIÓN DE CANTERA: RIO SATIPO KM 8 – ARENA

MALLA 200	
Arena Seca =	993.40 gr.
Arena lavada seca =	962.40 gr.
% FINOS =	3.12 %

Victor H. Grados  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 19840



Av. Marginal N°1200 – Mazamari  
Contactos: 984237937 - 991023229  
Facebook: DISECRON EIRL  
Pagina web: Disecron EIRL

# CERTIFICADO: PROPIEDADES FISICAS AGREGADO FINO



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS

SOLICITA	: RICARDO V. BRAVO ALANYA.
TESIS	: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"
UBICACION	: MAZAMARI – SATIPO - JUNIN
FECHA	: 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE AGREGADOS POR SECADO.

(N.T.P. 339.185)

UBICACIÓN DE CANTERA: RIO SATIPO KM 8 – ARENA

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Arena Humedad =	462.70 gr
Arena seca =	450.70 gr
Humedad =	2.66 %
Factor de humedad =	0.49 %

### METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD (PESO UNITARIO) Y LOS VACIOS DEL AGREGADO.

UBICACIÓN DE CANTERA: RIO SATIPO KM 8 – ARENA

P.U.S de la arena = 1635 kg/m<sup>3</sup>

P.U.C de la arena = 1828 kg/m<sup>3</sup>

DISECRON  
INGENIERIA ESPECIALIZADA  
CONCRETO Y SUELOS  
Victor H. Granados  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 15940



Av. Marginal N°1200 – Mazamari  
Contactos: 984237937 - 991023229  
Facebook: DISECRON EIRL  
Pagina web: Disecron EIRL

# CERTIFICADO: PROPIEDADES FISICAS AGREGADO FINO



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

## LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS

**SOLICITA** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**TESIS** : "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"  
**UBICACION** : MAZAMARI – SATIPO - JUNIN  
**FECHA** : 16 DE OCTUBRE DEL 2023

### METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DENSIDAD RELATIVA, PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO.

(N.T.P. 400.022)

UBICACIÓN DE CANTERA: RIO SATIPO KM 8 – ARENA

GRAVEDAD ESPECIFICA		
Pmuestra s.s.s =	500.00	gr
Peso fiola + agua	656.70	gr
P. fiola + P.sss + Agua	966.00	gr
Volumen sss	190.70	cm <sup>3</sup>
Pmuestra seca =	489.38	gr
<b>P.E m =</b>	<b>2.57</b>	gr/cm <sup>3</sup>
<b>P.E sss =</b>	<b>2.62</b>	gr/cm <sup>3</sup>
<b>Absorcion =</b>	<b>2.17</b>	%

**DISECRON**  
INGENIERIA ESPECIALIZADA  
CONCRETO Y SUELOS

Victor H. Granados  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 15945



Av. Marginal N°1200 – Mazamari  
Contactos: 984237937 - 991023229  
Facebook: DISECRON EIRL  
Pagina web: Disecron EIRL

# CERTIFICADO: PROPIEDADES FISICAS AGREGADO GRUESO



"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y VENTA DE INSUMOS LABORATORIO DE ESTUDIO DE AGREGADOS

<b>SOLICITA</b>	: RICARDO V. BRAVO ALANYA.
<b>TESIS</b>	: "COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS"
<b>UBICACION</b>	: MAZAMARI – SATIPO – JUNIN
<b>FECHA</b>	: 16 DE JULIO DEL 2023

### PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO (PIEDRA) HUSO 67. ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO GRUESO.

N.T.P. 400.012

CANTERA: CHANCADORA WANKA – PIEDRA CHANCADA (HUSO 67)

GRANULOMETRIA						HUSO: 67	
TAMIZ	DIAMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) Q' PASA	MINIMO	MAXIMO
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.05	197.10	9.93	9.93	90.07	100	90
1/2"	12.700	586.90	29.56	39.49	60.51	79	50
3/8"	9.525	446.30	22.48	61.96	38.04	55	20
N° 4	4.75	652.10	32.84	94.81	5.19	10	0
N° 8	2.36	65.70	3.31	98.12	1.88	5	0
N° 16	1.18	0.00	0.00	98.12	1.88	0	0
N° 30	0.59	0.00	0.00	98.12	1.88	0	0
N° 50	0.297	0.00	0.00	98.12	1.88	0	0
N° 100	0.149	0.00	0.00	98.12	1.88	0	0
FONDO	0.000	37.40	1.88	100.00	0.00		
	SUMA	1985.50	100.00				

M.F= 6.57



*Victor H. Granados*  
DISECRON  
INGENIERIA ESPECIALIZADA  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 15845



Av. Marginal N°115 – Mazamari  
Contactos: 984237937 - 991023229  
Facebook: DISECRON EIRL  
Pagina web: DISECRON EIRL

# CERTIFICADO: PROPIEDADES FISICAS AGREGADO GRUESO



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y VENTA DE INSUMOS LABORATORIO DE ESTUDIO DE AGREGADOS

**SOLICITA** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**TESIS** : “COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS”  
**UBICACION** : MAZAMARI – SATIPO – JUNIN  
**FECHA** : 16 DE JULIO DEL 2023

### METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DENSIDAD RELATIVA, PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO.

N.T.P. 400.021

CANTERA: CHANCADORA WANKA – PIEDRA CHANCADA (HUSO 67)

PESO ESPECIFICO		
Pmuestra s.s.s =	551.60	gr
Volumen inicial en probeta	600.00	cm <sup>3</sup>
Volumen final en probeta	810.00	cm <sup>3</sup>
Volumen desplazado	210.00	gr
Pmuestra seca =	548.00	gr
<b>P.E m =</b>	<b>2.61</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>P.E sss =</b>	<b>2.63</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Absorcion =</b>	<b>0.66</b>	<b>%</b>

**DISECRON**  
INGENIERIA ESPECIALIZADA  
CONCRETO Y SUELOS

*Victor H. Granados*  
DISECRON  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 15940



Av. Marginal N°115 – Mazamari  
Contactos: 984237937 - 991023229  
Facebook: DISECRON EIRL  
Pagina web: Disecron EIRL

# CERTIFICADO: PROPIEDADES FISICAS AGREGADO GRUESO



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y VENTA DE INSUMOS LABORATORIO DE ESTUDIO DE AGREGADOS

**SOLICITA** : RICARDO V. BRAVO ALANYA.  
**TESIS** : “COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO POR RESINA DE POLIURETANO PARA SU APLICACIÓN PARALOSAS ALIGERADAS”  
**UBICACION** : MAZAMARI – SATIPO – JUNIN  
**FECHA** : 16 DE JULIO DEL 2023

### METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD (PESO UNITARIO) Y LOS VACIOS DEL AGREGADO.

**N.T.P. 400.017**

CANTERA: CHANCADORA WANKA – PIEDRA CHANCADA (HUSO 67)

Pesos unitarios		
P.U.S piedra =	1482	kg/m <sup>3</sup>
P.U.C piedra =	1586	kg/m <sup>3</sup>

### METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE AGREGADOS POR SECADO.

**N.T.P. 339.185**

CANTERA: CHANCADORA WANKA – PIEDRA CHANCADA (HUSO 67)

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Piedra Humeda =	500.30	gr
Piedra seca =	500.00	gr
Humedad =	0.06	%
Factor de humedad =	-0.60	%

DISECRON  
INGENIERIA ESPECIALIZADA  
CONCRETO Y SUELOS  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 19645



Av. Marginal N°115 – Mazamari  
Contactos: 984237937 - 991023229  
Facebook: DISECRON EIRL  
Pagina web: Disecron EIRL

**Anexo N° 04: certificados de calibración**



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**Fecha de emisión** 2023/04/14

**Solicitante** DISECRON EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA

**Dirección** -- NRO. 5N ANX. CARACOL JUNIN - SATIPO - SATIPO

**Instrumento de medición** BALANZA

**Identificación** NO INDICA

**Intervalo de indicación** 30000 g

**División de escala Resolución** 1 g

**División de verificación (n)** 1 g

**Tipo de indicación** Digital

**Marca / Fabricante** OHAUS

**Modelo** R21P30

**N° de serie** 8942167651

**Procedencia** ESTADOS UNIDOS

**Ubicación** Laboratorio de suelos

**Lugar de calibración** Laboratorio de Mazamari

**Fecha de calibración** 2023/04/14

**Método/Procedimiento de calibración**  
"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Ing. Hugo Los Arévalo Carnicé  
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Yiv. Las Flores de San Diego Ma C. Lote 02, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 923 2188 / Cel: +51 928 195 799 / Tel: +51 925 133 447  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1226-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1227-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1228-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1229-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1230-MPES-C-2022

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental    Inicial: 34 °C                      Final: 34 °C  
 Humedad Relativa        Inicial: 33 %hr                      Final: 33 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔI (g)	F (g)	I (g)	ΔI (g)	F (g)
1	15000.0	0.001	-0.001	30001.0	0.007	-0.004
2	15000.0	0.002	-0.004	30001.0	0.003	-0.006
3	15000.0	0.007	0.005	30000.0	0.004	-0.004
4	14999.0	0.001	0.001	29999.9	0.001	-0.009
5	15000.0	0.004	-0.007	30000.0	0.001	-0.004
6	15000.0	0.001	-0.005	30001.0	0.002	-0.003
7	15000.0	0.003	-0.003	30000.0	0.003	-0.009
8	15000.0	0.009	-0.001	29999.0	0.003	0.001
9	15000.0	0.007	-0.002	29998.0	0.004	-0.001
10	15000.0	0.005	-0.003	30000.0	0.003	-0.001
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
15000	0		1			
30000	0		5			



ARSOU GROUP S.A.C.  
 Ing. Hugo Luis Arevalo Carnice  
 METROLOGÍA



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación de E <sub>0</sub>				
	Carga Min <sup>(1)</sup> (g)	I (g)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	500	500	0.005	-0.001	10000	10000	0.006	-0.001	0.001
2		500	0.006	-0.004		10000	0.005	0.004	0.007
3		500	0.005	0.001		10000	0.003	0.003	0.001
4		499	0.007	0.003		10002	0.001	0.002	-0.001
5		499	0.009	-0.006		10001	0.002	-0.002	-0.002

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP <sup>(2)</sup> (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
1	1	0.010	0.001	0.001					
5	5	0.030	0.003	-0.002	5	0.008	-0.005	-0.002	0.1
10	10	0.020	-0.002	0.003	10	0.006	-0.001	0.003	0.1
50	50	0.002	-0.001	0.001	50	0.002	-0.005	0.001	0.1
100	100	0.090	0.004	0.004	100	0.004	0.006	0.008	0.1
500	500	0.010	0.011	-0.002	500	0.006	0.007	0.009	0.1
1000	1000	0.090	-0.005	0.008	1000	0.001	0.009	0.001	0.1
5000	5000	0.019	0.008	0.007	5000	0.007	0.001	-0.005	0.1
10000	10000	0.010	0.014	0.001	10000	0.017	-0.005	-0.001	0.1
20000	20000	0.060	0.004	0.011	20002	0.009	-0.001	0.012	0.8
30000	30000	0.070	0.008	0.009	30000	0.005	0.004	-0.002	0.8

**Leyenda**  
 I: Indicación de la balanza      ΔL: Carga Incrementada      E: Error encontrado  
 E<sub>0</sub>: Error en cero      E<sub>c</sub>: Error corregido      EMP: Error máximo permitido

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA**

Incertidumbre expandida de medición:  $U_{95} = 2 \cdot \sqrt{0.18673 \text{ g}^2 + 0.0000000006182 \text{ g}^2}$

Lectura Corregida:  $P_{\text{correctada}} = P + 0.032796078 \text{ g}$

P: Indicación de lectura de balanza (g)



- Observaciones**
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
  - Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metroológica Peruana NMP 003:2009
  - La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
  - [\*] Código Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
  - Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
 Ing. Hugo Luis Arevalo Garrido  
 METROLOGISTA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° LMA-076-2023

Página 1 de 1

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2023/04/14

Solicitante **DISECRON EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA**

Dirección -- NRO. SN ANX. CARACOL JUNIN - SATIPO - SATIPO

Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación **NO INDICA**

Intervalo de indicación **620 g**

División de escala Resolución **0.01 g**

División de verificación (e) **0.01 g**

Tipo de indicación **Digital**

Marca / Fabricante **OHAUS**

Modelo **NVG22**

N° de serie **8341205543**

Procedencia **ESTADOS UNIDOS**

Ubicación **Laboratorio de suelos**

Lugar de calibración **Laboratorio de Mazamari**

Fecha de calibración **2023/04/14**

**Método/Procedimiento de calibración**

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Aloc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 792 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**ARSOU GROUP S.A.C**

Ing. Hugo Luis Arevalo Garnica  
METROLOGÍA



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1226-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1227-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1228-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1229-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1230-MPES-C-2022

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 34 °c Final: 34 °C  
 Humedad Relativa Inicial: 33 %hr Final: 33 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 310 g			Carga L1= 620 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	310.00	0.001	-0.001	620.00	0.005	-0.002
2	309.99	0.002	-0.004	620.10	0.001	-0.002
3	310.00	0.004	-0.005	619.90	0.006	-0.002
4	309.99	0.003	-0.007	619.90	0.003	-0.005
5	310.00	0.003	-0.009	620.00	0.002	-0.011
6	309.99	0.004	-0.001	619.90	0.005	-0.011
7	310.00	0.004	-0.004	619.90	0.003	-0.01
8	309.99	0.007	-0.008	620.00	0.002	-0.007
9	310.00	0.006	-0.004	619.90	0.001	-0.005
10	310.00	0.005	-0.003	620.00	0.002	-0.002
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
310.0	0		0.05			
620.0	0		0.3			



ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoo: Vlv. Las Flores de San Diego Mz C, Lote 01, San Martín de Porres, (Lima, Perú)  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación de E <sub>0</sub>				
	Carga Mín <sup>(1)</sup> (g)	I (kg)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	1	1	0.004	-0.001	100	100.00	0.006	-0.001	0.001
2		1	0.006	-0.004		100.00	0.003	-0.001	0.004
3		1	0.005	0.004		100.00	0.004	-0.002	-0.005
4		1	0.007	0.001		100.00	0.001	0.004	0.003
5		1	0.009	-0.002		100.00	0.004	0.004	0.002

<sup>(1)</sup> Valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP <sup>(2)</sup> (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
0.05	0.05	0.004	-0.001	0.002					
1.00	1.00	0.006	0.004	0.004	1.00	0.006	0.001	0.004	0.1
5.00	5.00	0.002	-0.005	0.003	5.00	0.005	0.004	-0.003	0.1
10.00	10.00	0.002	0.004	0.005	10.00	0.009	-0.003	-0.003	0.1
50.00	50.00	0.001	0.002	0.001	50.00	0.004	0.002	0.0001	0.1
100.00	100.00	0.009	0.004	0.008	100.00	0.005	0.005	0.001	0.1
200.00	200.00	0.009	0.004	0.008	200.00	0.005	0.005	0.001	0.1
300.00	300.00	0.005	0.008	0.003	300.00	0.007	0.004	0.004	0.1
500.00	500.00	0.004	0.004	0.005	500.00	0.005	-0.03	-0.002	0.1
600.00	600.00	0.009	0.004	0.004	600.00	0.003	-0.008	-0.01	0.5
620.00	619.99	0.015	0.008	0.001	619.99	0.014	-0.014	-0.01	0.5

**Leyenda**

I: Indicación de la balanza                      ΔL: Carga Incrementada                      E: Error encontrado  
E<sub>0</sub>: Error en cero                                      E<sub>c</sub>: Error corregido                                  EMP: Error máximo permitido

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA**

incertidumbre expandida de medición  $U_{95} = 2 \cdot \sqrt{0.00005 \text{ g}^2 + 0.0000005877059 \text{ R}^2}$

Lectura Corregida  $R_{\text{corregida}} = R + 75.422899285 \text{ R}$

R: Indicación de lectura de balanza: ( g )

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALBRADO"

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C.I. lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsou-group.com  
www.arsougroup.com



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnicé  
METROLOGÍA



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° LMA-075-2023

Página 1 de 3

Fecha de emisión 2023/04/14  
Solicitante **DISECRON EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA**  
Dirección -- NRO. 5N ANX. CARACOL JUNIN - SATIPO - SATIPO

**Instrumento de medición** **BALANZA**  
Identificación NO INDICA  
Intervalo de indicación 6000g  
División de escala Resolución 0,1 g  
División de verificación (e) 0,1 g  
Tipo de indicación Digital  
Marca / Fabricante NO INDICA  
Modelo FH-6000  
N° de serie 1418  
Procedencia NO INDICA  
Ubicación Laboratorio de suelos  
Lugar de calibración Laboratorio de Mazamari

Fecha de calibración 2023/04/14  
Método/Procedimiento de calibración "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metroológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
*Ing. Hugo Luis Arévalo Carrico*  
**METROLOGÍA**

ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Vía Las Flores de San Diego N° C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1880 / Cel: +51 928 236 793 / Cel: +51 925 251 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	1226-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Juego de Pesas de 1g a 1kg	1227-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 5kg	1228-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 10 kg	1229-MPES-C-2022
PESATEC PERÚ S.A.C.	Pesa Patrón de 20kg	1230-MPES-C-2022

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 33 °C Final: 34 °C  
 Humedad Relativa Inicial: 33 %hr Final: 33 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 3000 g			Carga L1= 6000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	3000.0	0.04	-0.09	6000.1	0.05	-0.1
2	3000.0	0.03	-0.1	6000.1	0.07	-0.03
3	3000.0	0.03	-0.05	6000.1	0.05	-0.07
4	3000.1	0.04	-0.09	6000.1	0.03	-0.1
5	3000.1	0.05	-0.04	6000.0	0.06	-0.1
6	3000.1	0.08	-0.04	6000.0	0.07	-0.1
7	3000.0	0.07	-0.09	6000.0	0.05	-0.12
8	3000.0	0.05	-0.05	6000.0	0.05	-0.1
9	3000.0	0.04	-0.08	6000.0	0.05	-0.11
10	3000.0	0.05	-0.1	6000.0	0.04	-0.1
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
3000	0		1			
6000	0		2			



ARSOU GROUP S.A.C.  
 Ing. Hugo Luis Arevalo Cardón  
 METROLOGÍA



**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>g</sub>				Determinación de E <sub>g</sub>				
	Carga Min <sup>(1)</sup> (g)	I (kg)	ΔI (g)	E0 (g)	Carga I (g)	I (kg)	ΔI (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	20	20	0.04	-0.03	1000	1000	0.06	-0.01	0.01
2		20	0.06	-0.01		1000	0.04	-0.01	0.02
3		20	0.04	0.03		1000	0.05	-0.02	-0.02
4		20	0.03	0.01		1000	0.03	0.01	-0.04
5		20	0.05	-0.02		1000	0.04	0.03	0.02

<sup>(1)</sup> Valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga I (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP <sup>(2)</sup> (±g)
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
0.5	0.5	0.05	-0.01						1
1.0	1.0	0.06	0.03	0.03	1.0	0.06	0.01	0.01	1
5.0	5.0	0.04	-0.02	0.02	5.0	0.05	-0.04	-0.04	1
10.0	10.0	0.03	0	0.04	10.0	0.05	-0.04	-0.03	1
100.0	100.0	0.05	0.01	0.01	100.1	0.05	-0.01	0.02	1
500.0	500.1	0.04	0.07	0.02	500.0	0.04	-0.01	0.02	1
1000.0	1001.0	0.01	0.08	0.02	1000.0	0.03	0.03	0.01	1
2000.0	2002.0	0.05	0.08	0.03	2000.1	0.05	-0.1	-0.07	2
3000.0	3004.0	0.07	0.09	0.02	3000.0	0.01	-0.04	-0.05	2
5000.0	5006.0	0.09	0.09	0.04	5000.0	0.05	-0.11	-0.04	2
6000.0	6000.0	0.08	0.05	0.05	6000.0	0.04	-0.12	-0.13	2

**Leyenda**

I: Indicación de la balanza

ΔI: Carga incrementada

E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero

E<sub>c</sub>: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA**

Incertidumbre expandida de medición:  $U_{95} = 2 \cdot \sqrt{0.00177 \text{ g}^2 + 0.00000007896 \text{ R}^2}$

Lectura Corregida:  $R_{\text{corregida}} = R + 6.805875868 \cdot R$

R: Indicación de lectura de la balanza (g)

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



**ARSOU GROUP S.A.C**  
Ing. Hugo Luis Arvalo Carnica  
METROLOGIA



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2023/04/14

Solicitante **DISECRON EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA**

Dirección -- NRD. SN ANX. CARACOL JUNIN - SATIPO - SATIPO

Instrumento de medición **PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO**

Identificación NO INDICA

Marca PINZUAR

Modelo PC-180

Serie 184

Capacidad 1000 kN

Indicador DIGITAL

Serie NO INDICA

Bomba ELECTRICA

Procedencia COLOMBIA

Ubicación Laboratorio de concreto

Lugar de calibración Laboratorio de Mazamari

Fecha de calibración 2023/04/14

**Método/Procedimiento de calibración**  
El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carrico  
METROLOGÍA



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 t	INF-LE N° 175-21

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 34 °C	Final: 34 °C
Humedad Relativa	Inicial: 33 %hr	Final: 33 %hr

Resultados

**TABLA N° 01**  
**CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO**

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) kN	SERIE (2) kN	ERROR %	ERROR (2) %			
100	100.9	100.6	0.90	0.60	100.8	0.75	0.21
200	200.3	200.5	0.15	0.25	200.4	0.20	0.07
300	301.5	302.1	0.49	0.7	301.8	0.60	0.15
400	400.6	400.2	0.15	0.05	400.4	0.10	0.07
500	500.8	500.6	0.16	0.12	500.7	0.14	0.03
600	600.6	600.3	0.1	0.05	600.5	0.08	0.04
700	700.3	700.4	0.04	0.06	700.4	0.05	0.01
800	800.2	800.6	0.03	0.08	800.4	0.05	0.04

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  
 $Ep = ((A - B) / B) * 100$        $Rp = Error[2] - Error[1]$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Cárnic  
METROLOGÍA

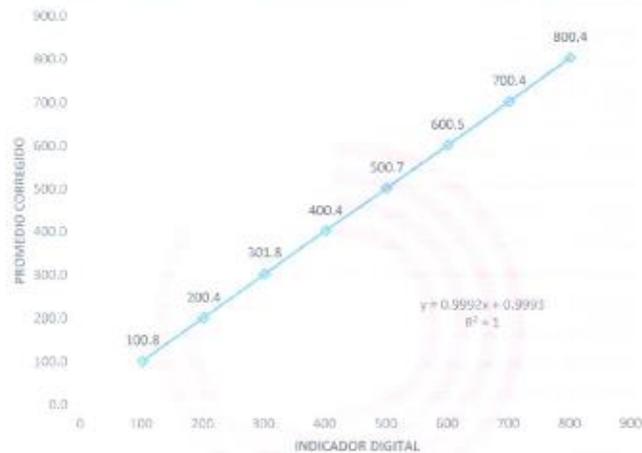
ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vlv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde:  $y = 0,9992x + 0,9993$

Coefficiente Correlación  $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kN)

Y : fuerza promedio (kN)



**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 %
3. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnicé  
METROLOGÍA

**Anexo N° 05: panel fotográfico**



Fotografía 1. Ensayo granulométrico del agregado fino y grueso.



Fotografía 2. Material retenido en el tamiz.



Fotografía 3. Pesado del material retenido en el tamiz.



Fotografía 4. Resultado del ensayo de granulometría del agregado grueso y fino.



Fotografía 5. Desarrollo del ensayo de PUC Y PUS de los agregados fino – grueso.



Fotografía 6. Elaboración del diseño de mezcla patrón D1, resistencia  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .



Fotografía 7. Cantidad del agregado de acuerdo al diseño de mezcla patrón.



Fotografía 8. Cantidades de los materiales para la elaboración del concreto patrón.



Fotografía 9. Determinación de la temperatura del concreto patrón el cual fue de 28.6 °C.



Fotografía 10. Medición del asentamiento del concreto patrón, del ensayo Slump.



Fotografía 11. El asentamiento obtenido del concreto patrón fue de 6".



Fotografía 12. Peso del concreto patrón para hallar el contenido de aire.



Fotografía 13. Método por presión para la determinación del contenido de aire en estado fresco



Fotografía 14. Probetas cilíndricas para contener el concreto patrón.



Fotografía 15. Vaciado de la mezcla del concreto patrón.



Fotografía 16. Dosificación de los materiales para el diseño de mezcla N° 002.



Fotografía 17. Peso de la resina de poliuretano para el diseño de mezcla N° 002.



Fotografía 18. Determinación de la temperatura del diseño de mezcla N° 002, T= 31°C.



Fotografía 19. Medición del Asentamiento del diseño de mezcla N° 002 el cual fue de 6”.



Fotografía 20. Peso del diseño de mezcla N°002 para hallar el contenido de aire.



Fotografía 21. Método por presión para la determinación del contenido de aire del diseño N° 002.



Fotografía 22. Vaciado de la mezcla del diseño N° 002.



Fotografía 23. Dosificación del diseño de mezcla N° 003.



Fotografía 24. Determinación de la temperatura del diseño de mezcla N° 003, T= 33.7°C.



Fotografía 25. Medición del Asentamiento del diseño de mezcla N° 003 el cual fue de 7”.



Fotografía 26. Método por presión para la determinación del contenido de aire del diseño N° 003.



Fotografía 27. Elaboración y curado de las probetas cilíndricas del diseño N° 003.



Fotografía 28. Dosificación del diseño de mezcla N° 004.



Fotografía 29. Determinación de la temperatura del diseño de mezcla N° 004, T= 28°C.



Fotografía 30. Medición del Asentamiento del diseño de mezcla N° 004 el cual fue de 6.5”.



Fotografía 31. Método por presión para la determinación del contenido de aire del diseño N° 004.



Fotografía 32. Desarrollo del método por presión para el porcentaje contenido de aire.



Fotografía 33. Desarrollo del ensayo exudación del diseño N° 004.



Fotografía 34. Ensayo de resistencia a la compresión axial del concreto.



Fotografía 35. Rotura de las probetas cilíndricas en el ensayo de compresión.



Fotografía 36. Especímenes a los 28 días de edad de los diseños de mezclas.