



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420\text{kg/cm}^2$, mediante la incorporación de Hidrogel para elementos estructurales 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Urcuhuaranga Garay, Jeffry Luis (orcid.org/0000-0001-9637-782X)

ASESOR:

Mg. Arévalo Vidal, Samir Augusto (orcid.org/0000-0002-6559-0334)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

Dedicatoria

Dedico esta tesis en memoria a mis padres: Estelita Otiliana Garay Garay y Luis Francisco Urcuhuaranga Atencio; que me guiaron y me guían hasta ahora en lograr todos mis metas.

A mis hermanos: Magaly, José, Susana, Yessica y Jhonatan por brindarme su apoyo incondicional y sus sabios consejos.

A mí novia Karina por su apoyo durante todo el proceso de mi tesis. Siempre estuvo ahí para escuchar mis ideas y brindarme consejos oportunos, sin su ayuda no podría haber logrado.

Agradecimiento

Principalmente a Dios, por brindarme vigor en el logro de este objetivo. A mis padres, por todas sus enseñanzas; A la Universidad César Vallejo, y especialmente a la facultad de Ingeniería y Arquitectura, por ser parte de mi formación. En especial a mi asesor Mg. Arévalo Vidal, Samir Augusto por guiarme en el desarrollo de esta investigación.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, AREVALO VIDAL SAMIR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420\text{kg/cm}^2$, mediante la incorporación de Hidrogel para elementos estructurales 2023", cuyo autor es URCUHUARANGA GARAY JEFFRY LUIS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 18 de Marzo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
AREVALO VIDAL SAMIR AUGUSTO DNI: 46000342 ORCID: 0000-0002-6559-0334	Firmado electrónicamente por: SAAREVALOV el 18- 03-2024 15:56:44

Código documento Trilce: TRI - 0740534



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, URCUHUARANGA GARAY JEFFRY LUIS estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420\text{kg/cm}^2$, mediante la incorporación de Hidrogel para elementos estructurales 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
URCUHUARANGA GARAY JEFFRY LUIS DNI: 47184549 ORCID: 0000-0001-9637-782X	Firmado electrónicamente por: URCUHUARANGAG el 18-03-2024 21:34:38

Código documento Trilce: INV - 1579591

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor	iv
Declaratoria de originalidad del autor	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación:.....	22
3.2. Variables y operacionalización	23
3.3. Población, muestra y muestreo	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.5. Procedimientos.....	27
3.6. Método de análisis de datos	29
3.7. Aspectos éticos	29
IV. RESULTADOS.....	30
V. DISCUSIONES:	78
VI. CONCLUSIONES:	82
VII. RECOMENDACIONES:.....	84
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS	90

Índice de Tablas

Tabla 1 Cantidad de muestras para ensayo de resistencia a la compresión	24
Tabla 2 Cantidad de muestra para ensayo de flexión del concreto.....	24
Tabla 3 Cantidad de muestra para ensayo de tracción del concreto	25
Tabla 4 Características del polímero superabsorbente Hidrogel.....	32
Tabla 5 Resultados del análisis granulométrico de agregado fino	35
Tabla 6 Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso	36
Tabla 7 Resultados de los ensayos de caracterización de agregados.....	38
Tabla 8 Asentamiento según el tipo de estructura	39
Tabla 9 Volumen unitario de agua	39
Tabla 10 Contenido de aire atrapado	40
Tabla 11 Relación agua-cemento por resistencia	40
Tabla 12 Modulo de fineza de la combinación de agregados	41
Tabla 13 Proporciones de diseño final para el grupo patrón	43
Tabla 14 Proporciones de diseño final para el grupo experimental H-1	43
Tabla 15 Proporciones de diseño final para el grupo experimental H-2.....	44
Tabla 16 Proporciones de diseño final para el grupo experimental H-3.....	44
Tabla 17 Resultados de resistencia a la compresión a los 7 días.....	50
Tabla 18 Resultados de resistencia a la compresión a los 14 días.....	51
Tabla 19 Resultados de resistencia a la compresión a los 28 días.....	51
Tabla 20 Resultados de resistencia a la flexión a los 28 días	52
Tabla 21 Resultados de resistencia a la tracción a los 7 días.....	53
Tabla 22 Resultados de resistencia a la tracción a los 14 días.....	54
Tabla 23 Resultados de resistencia a la tracción a los 28 días.....	54
Tabla 24 Resumen de Ensayo a Compresión a los 7 días.....	55
Tabla 25 Resumen de Ensayo a Compresión a los 14 días.....	56
Tabla 26 Resumen de Ensayo a Compresión a los 28 días.....	58
Tabla 27 Resumen de Ensayo a Compresión a los 7, 14 y 28 días	59
Tabla 28 Resumen de Ensayo a Flexión a los 28 días	62
Tabla 29 Resumen de Ensayo a Flexión a 28 días.....	63
Tabla 30 Resumen de Ensayo a Tracción a los 7 días	65
Tabla 31 Resumen de Ensayo a Tracción a los 14 días	66
Tabla 32 Resumen de Ensayo a Tracción a los 28 días	68
Tabla 33 Resumen de Ensayo a Tracción a los 7, 14 y 28 días	69
Tabla 34 Prueba de normalidad Shapiro - Wilk de resistencia a la compresión.....	72
Tabla 35 Correlación de Spearman en resistencia a la compresión con Idosificación ..	73
Tabla 36 Prueba de normalidad Shapiro - Wilk de resistencia a la flexión.....	74
Tabla 37 Correlación de Spearman en resistencia a la flexión con dosificación	75
Tabla 38 Prueba de normalidad Shapiro - Wilk de resistencia a la tracción.....	76
Tabla 39 Correlación de Spearman en la resistencia a la tracción con la dosificación .	77

Índice de Figuras

Figura 1 Tipos de polimerización	11
Figura 2 Polímero superabsorbente hidrogel	11
Figura 3 Estructura del hidrogel	12
Figura 4 Capacidad de absorción de SAP	13
Figura 5 Proceso de hidratación de hidrogel.....	13
Figura 6 Ensayo de resistencia a la compresión	17
Figura 7 Máquina de ensayo de tracción diametral.....	18
Figura 8 Ciclo del polímero superabsorbente al interior del concreto	19
Figura 9 Laboratorio de concreto Geosolum	30
Figura 10 Presentación de polímero superabsorbente Hidrogel	31
Figura 11 Aspecto del polímero superabsorbente Hidrogel	32
Figura 12 Aditivo superplastificante FLUXCRETE 51 SH	33
Figura 13 Ubicación de la ferretería “Santa Rocío”	33
Figura 14 Montículo de agregado grueso.....	34
Figura 15 Montículo de agregado fino.....	34
Figura 16 Curva granulométrica del agregado fino	35
Figura 17 Ejecución del ensayo de análisis granulométrico del agregado fino	36
Figura 18 Curva granulométrica del agregado grueso	37
Figura 19 Ejecución del ensayo de contenido de humedad	38
Figura 20 Vista de los materiales, equipos e instrumentos para el vaceado	45
Figura 21 Incorporación del Hidrogel al cemento	46
Figura 22 Mezcla de los materiales para el diseño	46
Figura 23 Elaboración de especímenes cilíndricos	47
Figura 24 Elaboración de especímenes prismáticos	48
Figura 25 Poza de curado de los especímenes del grupo patrón	48
Figura 26 Medición de especímenes cilíndricos.....	49
Figura 27 Ejecución del ensayo de resistencia a la compresión	50
Figura 28 Ejecución del ensayo de resistencia a la flexión	51
Figura 29 Ejecución del ensayo de resistencia a la tracción	53
Figura 30 Gráfico de resistencia a la compresión a los 7 días Vs. Dosificación.....	55
Figura 31 Gráfico de resistencia a la compresión a los 14 días Vs. Dosificación.....	57
Figura 32 Gráfico de resistencia a la compresión a los 28 días Vs. Dosificación.....	58
Figura 33 Gráfico de resistencia a la compresión por edades Vs. Dosificación	59
Figura 34 Gráfico de resistencia a compresión vs. Edad y % de incorporación.....	60
Figura 35 Gráfico de resistencia a la flexión a los 28 días Vs. Dosificación.....	62
Figura 36 Gráfico de resistencia a flexión vs. Dosificación	63
Figura 37 Gráfico de resistencia a la tracción a los 7 días Vs. Dosificación.....	65
Figura 38 Gráfico de resistencia a la tracción a los 14 días Vs. Dosificación.....	67
Figura 39 Gráfico de resistencia a la tracción a los 28 días Vs. Dosificación.....	68
Figura 40 Gráfico de resistencia a la tracción por edades Vs. Dosificación	69
Figura 41 Gráfico de resistencia a tracción vs. Edad para cada % de incorporación....	70

Resumen

La investigación presentó como objetivo evaluar la influencia de la incorporación de Hidrogel sobre las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420$ kg/cm². La metodología presenta un enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y con diseño cuasi experimental; la parte procedimental, se realizó en dos grupos: patrón y experimental (0.15%, 0.25% y 0.35% del peso del cemento), iniciando en igualdad de condiciones. La muestra comprende 72 probetas (4" x 8") y 12 vigas (6" x 6" x 21"), para evaluar la resistencia a la compresión, tracción y flexión respectivamente. Los resultados evidencian que el mejor desempeño mecánico, fue para el grupo H-2 con incorporación de 0.25% de Hidrogel; con valores de resistencia a compresión de 423 kg/cm², resistencia a flexión de 43.31 kg/cm² y resistencia a tracción de 33.19 kg/cm², incrementando en 0.48%, 1.03% y 0.81% respectivamente en relación al grupo patrón. Se concluye, que la incorporación controlada de Hidrogel al 0.25%, mejora las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420$ kg/cm², para elementos estructurales, mostrando incrementos positivos e influencia correlativa en los ensayos de resistencia a compresión, flexión y tracción comparado con el grupo patrón.

Palabras Clave: Hidrogel, concreto de alta resistencia, propiedades mecánicas, compresión, flexión, tracción.

Abstract

The research aimed to evaluate the influence of the incorporation of Hydrogel on the mechanical properties of a high strength concrete $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$. The methodology presents a quantitative approach, applied type, explanatory level and quasi-experimental design; The procedural part was carried out in two groups: pattern and experimental (0.15%, 0.25% and 0.35% of the weight of the cement), starting under equal conditions. The sample comprises 72 specimens (4" x 8") and 12 beams (6" x 6" x 21"), to evaluate the resistance to compression, tensile and bending respectively. The results show that the best mechanical performance was for the H-2 group with the incorporation of 0.25% of Hydrogel; with compressive strength values of 423 kg/cm^2 , flexural strength of 43.31 kg/cm^2 and tensile strength of 33.19 kg/cm^2 , increasing by 0.48%, 1.03% and 0.81% respectively in relation to the standard group. It is concluded that the controlled incorporation of 0.25% Hydrogel improves the mechanical properties of a high strength concrete $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, for structural elements, showing positive increases and correlative influence in the tests of compressive strength, bending and traction compared to the standard group.

Keywords: Hydrogel, high strength concrete, mechanical properties, compression, bending, traction.

I. INTRODUCCIÓN

El segundo elemento más utilizado por el ser humano, en la industria de la construcción, teniendo en primer lugar el agua, es el concreto. El área de la ingeniería civil y más específico la construcción viene desarrollando megaconstrucciones, que son estructuras de gran dimensión, que deben presentar la capacidad de resistir y soportar todas las condiciones presentadas, en estas estructuras se emplea el concreto.

Actualmente, las megaconstrucciones requieren de concretos especiales, uno de ellos son los llamados concretos de alta resistencia, en este concreto el curado tradicional usado, no proporciona un nivel adecuado de confianza con respecto al desempeño mecánico de la resistencia en el tiempo, lo cual no asegura el buen comportamiento de estas estructuras.

Las grandes construcciones a **nivel mundial** vienen desarrollando enormes innovaciones, uno de ellos son los concretos autocurados mediante el uso de polímeros absorbentes, estos polímeros, contribuyen a los recursos no renovables, en concretos de resistencia elevada equilibran el uso de agua. (Guyer, 2018, p.120)

A nivel internacional, la revista de construcción y tecnología (2014), menciona que, al usar concretos de resistencia elevada, estos poseen una menor relación a/c, por ello es indispensable un buen curado para lograr un buen comportamiento mecánico, por la tendencia hacia concretos con permeabilidad baja.

A nivel nacional, los logros en la industria de la construcción no son nuevos para nuestro país. Según un estudio de Ipsos (2016), en Perú, las megaconstrucciones contribuyen cada año al crecimiento de la economía nacional; el PBI se incrementa con la mejora de infraestructuras, como son: el Túnel Trasandino de Olmos, una de las más grandes de la historia con 19 Km de longitud; la Carretera Interoceánica Sur, con 2540 Km logro enlazar 9 departamentos del país; el aeropuerto Jorge Chávez, con su modernización recibió hasta 16 millones de pasajeros, transfiriendo al Perú unos 1,530 millones de dólares. Todas estas infraestructuras generaron más ingresos y empleos, ello resulta en la mejora de la economía y estilo de vida de los peruanos. Por lo cual es indispensable un uso correcto del concreto de alta resistencia, para cumplir los altos estándares exigidos.

A nivel local, Junín también presenta el crecimiento en construcción de infraestructuras grandes, como el Túnel Trasandino, Sistema de Aprovechamiento hídrico del río Cunas en San Juan de Jarpa, ampliación y asfaltado de la carretera Satipo-Concepción; hablando más de cerca en Huancayo tenemos en proceso: la construcción del puente Cantuta, con 200m, conectando los distritos de Pilcomayo y El Tambo, beneficiando a más de 209.000 pobladores; y el Puente Comuneros II, con 736.40m, que une los distritos de Huamancaca Chico y Huancayo, beneficiando a más de 328.000 pobladores. Así nace la necesidad de adaptarnos en el desarrollo de nuevas y mejores tecnologías del concreto, ya que estas megaestructuras requieren hacer uso de concretos de alta resistencia, los cuales soportan una gran magnitud de cargas y deben cumplir con el óptimo desempeño de la resistencia mecánica del concreto.

Por lo mencionado líneas arriba, a raíz del incremento de las megaconstrucciones, es importante el uso de un buen concreto, con un control de calidad más estricto, siendo necesario un correcto curado para lograr la resistencia requerida. Por ello, el concreto se va adaptando a nuevas opciones de adición y/o sustitución de materiales e inclusión de modernas tecnologías, como el curado interno del concreto, esta técnica hace referencia al uso de hidrogeles (SAP - Polímeros Superabsorbentes), que por medio del almacenamiento de agua al interior de la mezcla busca incrementar el grado de hidratación (Kartik y Ramamurthy, 2016, p.411). Con lo cual, se garantiza un adecuado curado gracias al agua retenida y liberada en el momento que se necesite, teniendo mayor eficacia que el curado convencional. Adicionalmente, esta tecnología está en la línea de la protección del medio ambiente y contribuyendo a la continuidad del concreto como el segundo elemento más utilizado en la construcción.

De modo que, considerando al curado como una etapa clave en el desempeño del concreto, y contando con los aditivos como los hidrogeles, que tienen efectos favorables al adicionarse a las mezclas de concreto; la investigación presenta por objetivo establecer la influencia de incorporar hidrogel en las propiedades mecánicas de un concreto de elevada resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, pretendiendo optimizar el proceso de curado que es una parte fundamental para cumplir con dichos parámetros.

De tal manera, planteamos en la investigación el problema general: ¿De qué manera influye la incorporación de Hidrogel sobre las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023?

Y como problemas específicos: ¿Cómo influye la incorporación de Hidrogel sobre la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023? ¿Cómo influye la incorporación de Hidrogel sobre la resistencia a la flexión de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales 2023? ¿Cómo influye la incorporación de Hidrogel sobre la resistencia a la tracción de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023?

Asimismo, planteamos en la investigación el objetivo general: Evaluar la influencia de la incorporación de Hidrogel sobre las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.

Y como objetivos específicos: Determinar la influencia de la incorporación de Hidrogel, sobre la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023. Analizar la influencia de la incorporación de Hidrogel, sobre la resistencia a la flexión, de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023. Establecer la influencia de la incorporación del Hidrogel, sobre la resistencia a la tracción de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.

La formulación de la Hipótesis de esta investigación da como respuesta al problema general de la siguiente manera: La incorporación de Hidrogel, mejora las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.

Las hipótesis específicas son: La incorporación de Hidrogel, influye favorablemente sobre la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023. La incorporación de Hidrogel, tiene un efecto favorable sobre la resistencia a la flexión de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023. La incorporación de Hidrogel, influye favorablemente

sobre la resistencia a la tracción de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.

Como justificación teórica, esta investigación aporta y contribuye al conocimiento existente sobre la incorporación de Hidrogel, polímero superabsorbente (SAP), en las mezclas de concreto para la mejora de sus propiedades mecánicas, elaborando un diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia con $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, considerando los % de incorporación de Hidrogel de Arredondo (2019) y Tan et al., (2019); los resultados demostraron que el Hidrogel mejora sus propiedades mecánicas, lo cual apoya a las teorías existentes y al desarrollo de futuras investigaciones.

Como justificación práctica, esta investigación dio solución al problema planteado, comportamiento deficiente de megaestructuras, mediante la incorporación del polímero hidrogel en el concreto de alta resistencia, este polímero viene siendo utilizado con mayor frecuencia en la industria del concreto ya que muestra mejoras al incorporarse a las mezclas del concreto por consiguiente beneficia al curado interno.

Como justificación metodológica, esta investigación permitió realizar la evaluación del desempeño mecánico de un concreto con elevada resistencia mediante la comparación de 2 grupos: diseño convencional y diseño con incorporación de Hidrogel (0.15%, 0.25% y 0.35% del peso del cemento).

Como justificación social, tenemos que el uso de polímeros superabsorbentes en megaestructuras nos permitió tener un mejor desarrollo, mejor control de calidad, mejor puesta en obra, menor tiempo de ejecución, que resulta en mayor durabilidad y mejor comportamiento de las estructuras; asimismo nos permitió impulsar megaproyectos que mejoren el nivel socioeconómico y condiciones de vivencia de la población

II. MARCO TEÓRICO

Como parte de los **antecedentes nacionales**, se considera a Bravo y Saldaña (2021), plantearon por **objetivo** evaluar el desempeño del concreto, al incorporar cenizas de cascarilla de café, para una losa aligerada. Empleó una **metodología**, investigación tipo aplicada y experimental; aplicó para cuatro grupos, patrón (0%) y otras incorporaciones de ceniza de café del 10%, 15% y 20% del peso del cemento, realizó ejemplares cilíndricos para después ensayarlos a compresión (7, 14 y 28). Alcanzó los **resultados** siguientes, la fuerza a compresión para los 7 días fue de 145.223 y 278 kg/cm², a los 14 días fue de 160.241 y 290 kg/cm², y a los 28 días fue de 172.258 y 315 kg/cm², para adiciones del 10%, 15% y 20% respectivamente. **Concluye** que, al incorporar más volumen de ceniza de café, afecta negativamente la resistencia, entonces el porcentaje óptimo de diseño, está entre 10% y 15% del peso del cemento.

Parizaca (2015), planteó por **objetivo** analizar el desempeño de un concreto con elevada resistencia, elaborado con adición de polímeros superabsorbentes, en resistencia a compresión y trabajabilidad. Empleó una **metodología**, investigación tipo aplicada y experimental; primero elaboró muestras de 145 kg/cm² sin adición de SAP, y luego con adición de SAP (0.1%, 0.15% y 0.2% del peso de cemento), para después realizar las pruebas de resistencia a compresión y asentamiento. Alcanzó **resultados** siguientes, con muestras al 0.1% de SAP, se obtuvo mayor trabajabilidad y resistencia a compresión, tomando como base el grupo sin SAP. Por otro lado, los niveles de adición de 0,15% y 0,2% mejoran el asentamiento pero reducen el desempeño mecánico a compresión. Finalmente, **concluye** que, al incorporación polímeros superabsorbentes mayores al 0.1% influye desfavorablemente en el comportamiento del concreto propuesto en el estudio.

Aujapuclla y Noriega (2019), planteó como **objetivo** calcular el porcentaje adecuado de PET para un concreto ligero con elevada resistencia. Empleó una **metodología**, investigación tipo aplicada y experimental, elaboró 48 muestras para cada grupo (0%, 10%, 15% y 20% de poliestireno expandido en volumen del agregado grueso), en el cual realizó ensayos mecánicos de resistencia a la compresión (3, 7, 14 y 28 días) y ensayos físicos de peso unitario y asentamiento. Alcanzo los **resultados** siguientes, los valores

más altos son del grupo con 20% de poliestireno expandido con 183.02 kg/cm², 213.15 kg/cm², 335.21 kg/cm² y 413.73 kg/cm², a los 3, 7, 14 y 28 días respectivamente; así mismo para pesos unitarios promedio son 2418.66 kg/cm³, 2338.30 kg/cm³, 2298.30 kg/cm², 2211.32 kg/cm² para 0%, 10%, 15%, 20%. **Concluye** que, con 20% se da el porcentaje óptimo de poliestireno expandido en volumen de agregado, aunque la resistencia a los 28 días es menor al de la muestra patrón, pero posee bajo peso unitario promedio, representando un 10% del peso del concreto patrón.

Como parte de **antecedentes internacionales**, se considera a Fandiño y Perdomo (2020), plantearon como **objetivo** determinar y calcular el desempeño mecánico de un concreto translucido mediante la incorporación de material reciclado y polímeros. Empleo una **metodología**, investigación tipo aplicada y experimental, realizó 27 especímenes cilíndricos, 17 cúbicos y 9 prismáticos, con inclusión de con inclusión de vidrio reciclado (tritura en tamaños adecuados) y polímeros (resinas), para después desarrollar las pruebas experimentales en laboratorio como: módulo de elasticidad, flexión y compresión. Alcanzaron los **resultados** siguientes, el diseño combinado con poliéster insaturado y vidrio reciclado, presenta el valor más alto de resistencia a compresión, con 44 Mpa. Finalmente, **concluye** que, la resina de poliéster insaturado, presenta mejor comportamiento mecánico, asimismo, presentó mejor desempeño mecánico para el concreto translucido, para adiciones de material reciclado menores al 50%.

Cotrina (2018), tuvo como **objetivo** evaluar el desempeño mecánico del concreto $f'c=450$ kg/cm², considerado de elevada resistencia, elaborado mediante la incorporación con superplastificante y micro sílice. Aplicó una **metodología**, investigación experimental de tipo aplicada; utilizó superplastificante al 0.9% y micro sílice al 10% del peso del cemento, para compararlos con el grupo patrón (sin adición mineral ni superplastificante), para ello elaboró 96 muestras cilíndricas, 20 muestras cilíndricas y prismáticas, posteriormente realizó pruebas mecánicas en laboratorio para determinar resistencias a tracción, flexión y compresión. Alcanzó **resultados**, las mezclas de micro sílice y superplastificante desarrollaron el mejor desempeño mecánico a tracción y compresión, con 599.70 kg/cm² y 36.49 kg/cm², siendo un 33.27% y 8.11% mayor a la resistencia de diseño respectivamente; la mezcla con adición mineral presentó el mejor comportamiento en

resistencia a la flexión. Finalmente, **concluye** que, la mezcla con superplastificante y microsíllice desarrolla mejor comportamiento mecánico en tracción y compresión respecto del diseño patrón y otros diseños, desarrollando una alta resistencia inicial a los 7 días.

Rodríguez y Torres (2019), planteó por objetivo ejecutar un estudio acerca del uso polímeros en elementos de concreto fundamentado mediante trabajos de investigación desarrollados en el país de Colombia. Empleó una **metodología**, investigación tipo descriptiva, siendo un estudio de recopilación de información de diversas investigaciones referentes al tema, se revisó y consulto 16 tesis sobre el empleo de polímeros para disminuir los problemas del concreto. Alcanzó los resultados, sobre el desempeño en durabilidad, en resistencias (flexión, compresión, tracción), protección del acero y mejor hidratación con el uso de diversos polímeros (90% naturales y 10% sintéticos). Finalmente, **concluye** que, al usar polímeros (naturales o sintéticos), mejoran el comportamiento mecánico de concretos convencionales; las fibras de polipropileno disminuye la permeabilidad y la fisuración del concreto, que favorece la reducción de corrosión del acero, también determinó que la hidratación del concreto mejora en 40% al usar el humo de sílice.

Como parte de **antecedentes en otros idiomas**, se considera a Tan et al., (2019), the **objective** was to study the appropriate method of dosing SAP (dry or swollen powder) that favors hydration. He used a **methodology**, applied and experimental type research; developed two different addition methods for internal curing of concrete, studied the variation of SAP percentages in relation to dragged water w/c in concrete, by comparing compressive strength, frost resistance, and shrinkage. The release of water of SAP and the reaction on the structure and microstructure in the pores were evaluated by scanning (SEM). He obtained the following **results**, there is 0.1% SAP and dragged w/c of 0.06, powdered SAP improves compressive strength between 10% and 50%, on the other hand swollen SAP only between -25% and 6% ; thus they also reduce contraction by 32.2% and 14.5% respectively, and finally improves resistance to freezing. Finally, it **concludes** that the best dosing method is powdered SAP as it develops a better behavior, adding

that more research is required on the influence of self-contraction parameters and chemical contraction in powdered and swollen SAP.

Cunha (2016), teve como **objetivo** estimar a capacidade de nanopartículas de sílica (NS) em melhorar as propriedades do concreto de alta resistência, com a influência de polímeros superabsorventes (PSA). Ele usou uma **metodologia**, pesquisa aplicada e experimental, preparou 9 misturas com diferentes quantidades de NS e PSA, para posteriormente desenvolver os testes no estado fresco (densidade, teor de ar e tempo de presa), bem como no estado endurecido (resistência à compressão, flexão, módulo elástico), também avaliou a contração autógena (de zero presa a 28 dias). Os seguintes **resultados** foram obtidos: as misturas com adição de NS aumentam a resistência mecânica em 15%, mas aumentam a contração autógena em 10%, por outro lado, as misturas com 0,3% de PSA são eficazes em eliminar a contração autógena, mas reduzem a resistência mecânica, por fim, as misturas com PSA e NS eliminam a retração autógena e melhoram a resistência mecânica em percentuais semelhantes aos de referência. Por fim, **conclui** que os concretos de alta resistência com inclusão de PSA (0,3%) e NS, misturas híbridas, desenvolvem um comportamento favorável, pois mitiga a contração autogênica e praticamente compensa totalmente a perda de resistência mecânica gerada pelo uso de PSA.

Snoeck et al., (2017), the **objective** was to investigate the discharge of water from SAP and change of state of the water through NMR tests depending on the degree of hydration and time. He used a **methodology**, applied and experimental type research; made standard specimens that present a/c of 0.3 and 0.35, with additions of 0.22% - SAP A and 0.45% - SAP B, through technology de NMR (Nuclear Magnetic Resonance), to visualize the discharge of water from the SAP into cementitious matrix during the hydration of the cement. The following **results** were obtained, the intensities of the SAP A signals were decreasing in relation to the signals of the SAP B group, the results of the free and entrained water to SAP A are 84.3% y 15.7% and the group SAP B are 85.2% y 14.8% respectly. Finally, he set as **conclusions**; since the NMR results, the values obtained are in accordance with the model proposed by Powers and Brownyard, the

behavior of SAP Ae is better than that of SAP Be, in relation to internal curing and, therefore, to mitigate autogenous shrinkage.

Como parte de **antecedentes de artículos científicos**, se considera a Muñoz et al., (2021), tuvo como **objetivo** informar acerca de los polímeros usados en elementos estructurales, específicamente de los reforzados con fibras de carbono (PRFC). Empleo una **metodología**, investigación tipo descriptiva, siendo un artículo de revisión hace uso de diferentes databases, compuestas por 41 artículos de revistas registradas (Scopus, Sciencedirect, Redalyc y EBSCO), durante los años 2012 y 2021 sobre el tema del uso de PRFC en el concreto. Obtuvo los siguientes **resultados**, el PRFC es de uso interno o externo, en estructuras se aplica a: reforzamiento de puentes, columnas, pilotes, vigas y losas, entre otros; cada estructura con sus respectivas especificaciones. Finalmente, **concluye** que, los PRFC benefician al tiempo de vida útil de la estructura, reduce el impacto ambiental y los costos de materiales y mejora el uso en campo del material; todo ello garantiza un óptimo rendimiento de la estructura.

Herrera et al., (2020), planteó como **objetivo**, evaluar la correlación de un polímero superabsorbente y nitrito de calcio como un frenador de deterioro para mejorar el desempeño del hormigón de elevado rendimiento. Empleo una **metodología**, investigación tipo aplicada y experimental, preparó especímenes con microsílice con 9.5% en masa y a/c de 0.4, también con adición de SAP y nitrito de calcio, evaluó los efectos de estas técnicas midiendo la contracción por secado y autógena, resistencia eléctrica y el nivel de transferencia de cloruro. Alcanzó los **resultados** siguientes, que muestran que el producto combinado (SAP + CNI) mejora la resistencia eléctrica y disminuye la retracción autógena. Finalmente, **concluye** que, los especímenes con adición de SAP y CNI en mezclas con micro sílice, desarrollaron un buen comportamiento en relación a la durabilidad del concreto.

Paricaguán y Muñoz (2019), planteó por **objetivo**, evaluar la influencia de la sustitución parcial con fibras de bagazo de caña de azúcar en el concreto, considerando el desempeño mecánico a compresión y flexión. Empleo la **metodología**, investigación experimental de tipo aplicada, elaboró muestras de a/c=0.48 con reemplazo parcial del agregado fino por fibra de caña de azúcar en proporción del 2.5 %, estudió dos grupos,

estado natural (fibras de 3-4 cm cortas y 5-6 cm largo) y otro con tratamiento de polimetilmetacrilato (PMMA, fibras \leq 4 cm), luego realizó los ensayos respectivos. Obtuvo los siguientes **resultados**, al emplear fibras de longitud larga se muestra mejoras en el desempeño mecánico de resistencia a compresión, con resultados similares al convencional con valores entre 21 y 30 MPa, pero el módulo de rotura de la viga fue menor, no obstante, las fibras muestran eficiencia en refuerzo en las fallas dúctiles. Finalmente, **concluye** que, los parámetros de resistencia son similares a los alcanzados en las mezclas convencionales, por ello, el concreto con fibra natural de caña de azúcar, resulta factible usarlo como material de construcción económico, adicionalmente, apoya en reducir la cantidad de residuos sólidos, pues nos permite extraer menos materia prima, protegiendo los recursos no renovables.

Se tiene como teorías las variables, indicadores y sus dimensiones, pues la investigación radica en evaluar la influencia de incorporar hidrogel en las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia; en base a ello, se define:

Los polímeros superabsorbentes SAP, están constituidos por grupos de electrolitos entrecruzados; presentan una gran capacidad de absorber y retener líquidos dentro de su estructura, sin llegar a degradarse; esto, debido a la presión osmótica de los iones configurados en su composición. (Klemm y Sikora, 2012, p. 76-77)

Estos polímeros se sintetizan y producen mediante tres métodos principales: polimerización en gel, suspensión y solución; la primera, polimerización en gel, es la mezcla de agua, agentes de reticulación, ácido acrílico y radiación UV, se produce a partir de las reacciones de reticulación y la polimerización, la segunda, polimerización en suspensión, se produce las partículas de polímero primario en el reactor, y no de forma mecánica después de la reacción, esto se da, debido a la suspensión de los reactivos a base de agua en un solvente a base de hidrocarburo, y la tercera, polimerización en solución, se producen en aspecto de solución, pero presenta la misma capacidad de absorción que el polímero granular, de igual manera, su uso puede ser diluido en agua o previamente saturadas. (Mariano, 2013)

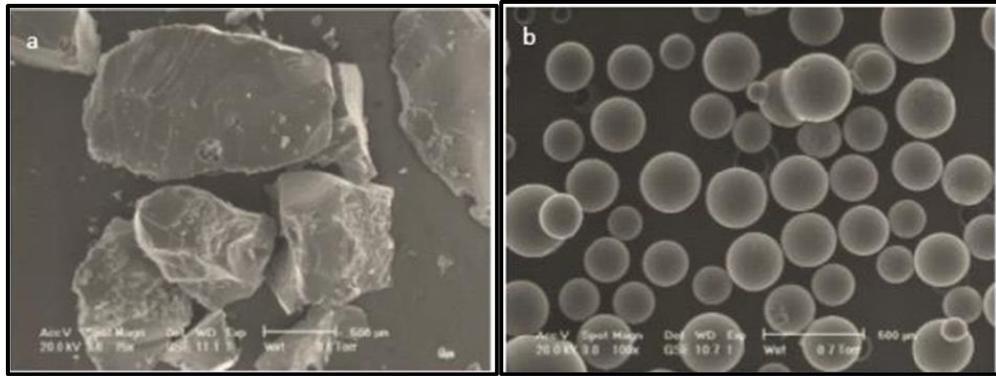


Figura 1. Tipos de polimerización

Fuente: (Mechtcherine, 2016)

Nota: La figura muestra distintas formas de polimerización de los hidrogeles la figura a) Polimerización en solución, y la figura b) Polimerización en suspensión.

Como variable independiente, tenemos al Hidrogel, se define como material polímero hidrófilo con una amplia capacidad de absorber y liberar grandes volúmenes, en especial agua, pero también otras soluciones acuosas. (Estrada, 2014, p.1-45)



Figura 2. Polímero superabsorbente hidrogel

Fuente: (Sapgel - Guía de polímero superabsorbente, 2023)

Nota: La figura muestra la estructura del polímero superabsorbente en forma de granulada

Los hidrogeles son polímeros que presentan características bien marcadas. Para Katime et.al (2004), las principales características que presentan los hidrogeles son: hidrófilos,

blandos, elásticos, asimismo insolubles en agua, capacidad de absorción 500 veces su peso, capacidad de hinchamiento y presentan resistencia mecánica.

En relación a la estructura y composición, Escobar et. al (2003), indica que el hidrogel consta de una serie de polímeros de poliacrilamida aniónicos superabsorbentes, conformado a partir de una red tridimensional. (p.1-10). Asimismo, menciona que la hidrofilia presentada por el hidrogel es porque su estructura está conformada por grupos funcionales como: $-\text{CONH}_2$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{COOH}$, y $-\text{OH}$.

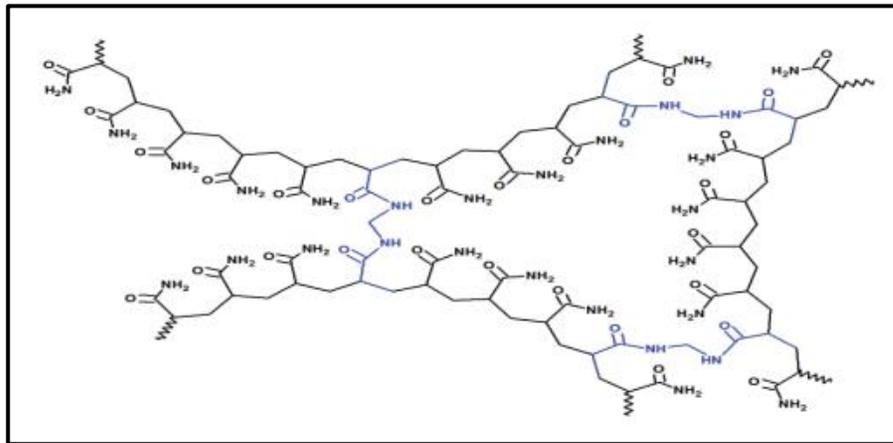


Figura 3. Estructura del hidrogel

Fuente: Escobar et al. (2003). Cristales Inteligentes, usos del hidrogel. Disponible en:
http://hidrogelmex.com/usos_de_hidrogel.html

Nota: La figura muestra la estructura del hidrogel de poli (acrilamida): acrilato de potasio

Como propiedades más resaltantes de los hidrogeles, están la cinética de absorción y capacidad de hinchamiento:

La cinética de absorción, se considera que, está vinculada con el tiempo requerido para que un polímero alcance un cierto estado de peso continuo o volumen permanente. La cinética de absorción de SAP va en correspondencia a número de iones en la solución por la presión osmótica. (Esteves, 2011)

La capacidad de hinchamiento, está influenciada por la absorción de fluidos ni bien se realice el contacto, agua en especial, el equilibrio de las fuerzas cohesivas y osmóticas, hacen posible la retención de grandes cantidades de agua en su estructura formada por cadenas con una configuración alargada, lo que conlleva que el material se hinche. (Katime et. al, 2005)

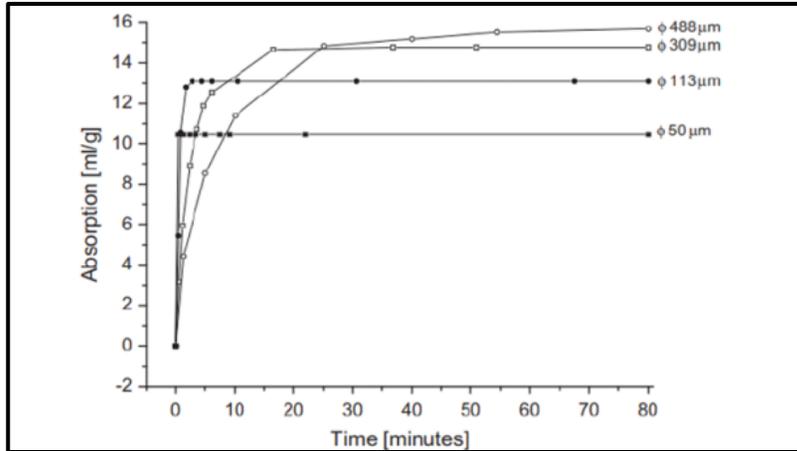


Figura 4. Capacidad de absorción de SAP

Fuente: Esteves (2011)

Nota: la figura muestra el grafico de absorción vs tiempo de absorción de partículas de SAP con diferentes tamaños.

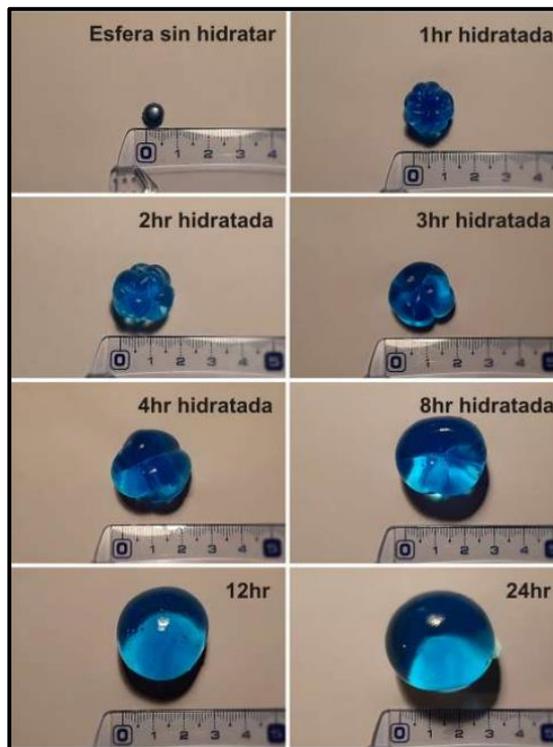


Figura 5. Proceso de hidratación de hidrogel

Fuente: Memorias de hormigones especiales

Nota: Esta figura muestra el proceso de hidratación de una partícula de hidrogel en función del tiempo desde 1 hora hasta 24 horas.

Por otro lado, para empezar a definir la variable dependiente, propiedades mecánicas del concreto, iniciamos definiendo:

El concreto, de acuerdo con Sanchez de Guzman (2001), lo define como un elemento compuesto el cual forma una masa dura al fraguar y llega a soportar inmensas fuerzas de compresión con el paso del tiempo. El concreto está constituido por diversos elementos: agregados fino y grueso, cemento, agua, aditivos según sea el uso (...) Todo el conjunto forma un material heterogéneo. (p.19)

De esa forma, los componentes del concreto son:

El agua, siendo el compuesto más fundamental para la vida; con propiedades únicas que genera un impacto decisivo en los procesos físicos, químicos y biológicos. (García et. al, 2010, p.115-116). Por otro lado, la NTP 214.003, menciona que el agua para usar en las mezclas de concreto, es agua potable, válida para el consumo humano, asimismo es necesario el cumplimiento de requerimientos químicos, físicos, bacteriológicos y organolépticos fijados en dicha norma.

El cemento, IECA - Instituto español del cemento y sus aplicaciones (2016), define al cemento como un aglomerante hidráulico, el cual es capaz de unir fragmentos en forma sólida o líquida, también presenta sus propiedades de endurecimiento y fraguado, las cuales son desarrolladas en un ambiente con existencia de agua.

Los agregados, es una mezcla de distintas partículas, que pueden ser de origen natural como también artificial. Varían de tamaño, desde que son casi invisibles hasta llegar a fragmentos de piedra, al juntarse con el cemento y agua, constituyen los tres componentes principales para fabricar concreto. (NTP 400.037, 2018). Se clasifican en agregado fino y agregado grueso, el primero, son de arena natural o piedra triturada, grava, escoria de acero y son las partículas que pasan por la malla de N°4 de 4.75 mm; el segundo, son fracciones retenidas en la malla N°4 de 4,75 mm y está conformado por grava, roca molida, o una mezcla. Asimismo, el agregado debe estar limpio, libre de polvo, sin contenido de arcilla o diversos elementos dañinos, los cuales pueden convertir a la mezcla en una de mala calidad.

Los aditivos, son un elemento del concreto, que se adiciona en un porcentaje pequeño en relación al peso del cemento, el cual le brinda propiedades especiales, distinto de los componentes habituales (cemento, agregados y agua). (Norma ASTM C 125)

Para el Comité 212 del ACI, los aditivos, se clasifican en: superplastificantes (reductores de agua y control de fragua), acelerantes, reductores de permeabilidad, incorporadores de aire, inhibidores de corrosión, formadores de gas, colorantes, expansivos, entre otros.

Como parte de la investigación, se utilizó el aditivo superplastificante, para Rivva (2020), el aditivo superplastificante, presenta la capacidad de reducir la proporción de agua, alrededor del 30%, en las mezclas de concreto. Además, son conocidos de manera comercial como superfluidificantes. (p.365-366). Para Puertas y Vásquez (2000, p.54), los superplastificantes de forma general, tienen influencia en la hidratación del cemento, generando algunos efectos: evitan la difusión de agua e iones Ca^{2+} en la interfase entre la disolución y el cemento, de igual forma, las moléculas del superplastificante, junto a los iones Ca^{2+} forman complejos, generando inhibición del crecimiento de partículas con presencia de Ca, también los superplastificantes presentan acción de disipación lo cual altera la morfología de las sustancias que reaccionan.

En relación a los tipos de concreto, definiremos al concreto de alta resistencia, es considerado como tal, cuando su $f'c$ es mayor a 420 kg/cm^2 , lleva en su composición aditivos que mejoran su desempeño tanto mecánico como físico, en especial el plastificante que le brinda trabajabilidad, ya que busca mantener o reducir a proporción de cemento, reduciendo la cantidad de agua, con lo cual se obtiene mejores resistencias. (Ottazzi, 2004, p.32). Las principales aplicaciones de este tipo especial de concreto, son en estructuras que requieren soportar una gran magnitud de cargas, como: puentes, edificios, rascacielos, cimentación con pilotes, represas, pavimentos rígidos, etc.

Por otra parte, un concreto liviano, se producen con agregados livianos naturales (arena ligera o peso normal) o artificiales; se definen para un peso específico entre $1,400$ y $1,900 \text{ kg/m}^3$. En relación a su desempeño mecánico, como la resistencia a tracción, presenta valores menores al concreto convencional. Asimismo, su valor es más caro que los

convencionales, pues los agregados que se usan son costosos y no son muy comercializados. (Ottazzi, 2004, p.32)

De igual forma, se define los diseños de mezcla, es un proceso ordenado para establecer la cantidad correcta de elementos del concreto (agua, cemento, agregado grueso y fino, aditivos, entre otros), para lograr un concreto con las propiedades requeridas. Para Chinen (2002), existen varios métodos como:

El método ACI, busca calcular en proporción los componentes del concreto, basado por metro cubico, independiente de sus propiedades finales. El método Walker, considera la variación de la relación agregado fino - grueso, también del contorno (angular o redondeado), tamaño máximo nominal del agregado grueso y módulo de finura, todo mediante tablas; para conseguir el tanto por ciento de agregado fino más conveniente, tomando correspondencia del volumen global de la mezcla (Rivva, 2020). El método de diseño agregado global, sigue procesos similares de diseño, pero se considera el porcentaje de incidencia de cada agregado, los porcentajes van definidos y controlados de tal forma que la combinación de estos, esté dentro de los usos determinados en las tablas. En el método módulo de finura, varían las cantidades de agregado grueso y fino por resistencias, los principales factores de variación, cantidad global de agua y relación a/c, que se muestran en la proporción de cemento de la mezcla (Torre, 2002)

Con lo descrito, definimos los indicadores de la variable dependiente, propiedades mecánicas del concreto, dentro del cual trabajamos tres indicadores: resistencia a compresión, resistencia a flexión y resistencia a la tracción.

Primero, el método de ensayo de resistencia a la compresión, con esta prueba definimos la resistencia a compresión, por medio de elementos de concretos cilíndricos, las medidas correspondientes son de 4"x8" o 6"x12". Se aplica una compresión axial a los especímenes, en intervalos de velocidad ya establecido al punto que ocurre la falla. (NTP 339.034, 2015). Asimismo, la resistencia se obtiene con el valor de rotura dividido con la superficie que soporta la carga y está dada en kg/cm² o MPa. De la siguiente forma:

$$f'c = P/A \quad \dots \text{(Ec. 2.1)}$$

Donde:

$f'c$: Resistencia a la compresión en kg/cm^2

P: Carga máxima en Kg

A: Área de la sección de la probeta en cm^2

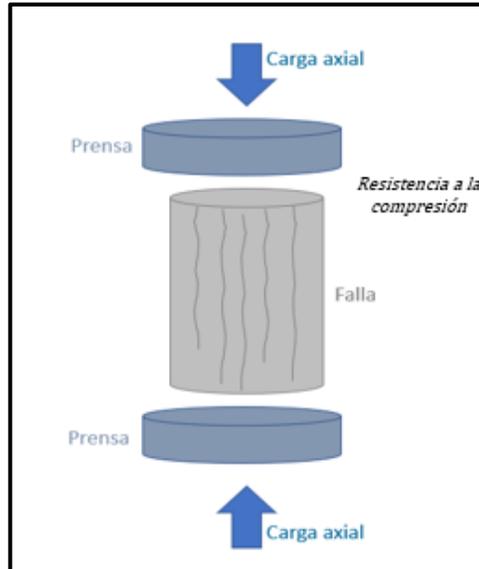


Figura 6. Ensayo de resistencia a la compresión

Nota: La figura muestra un esquema gráfico para medir la resistencia a compresión

Segundo, el método de ensayo de resistencia a la flexión, definimos el desempeño mecánico a flexión, ensayadas en especímenes prismáticos, de 6" x 6" x 21", en el cual, a las terceras partes de luz, se aplica cargas. El valor de módulo de ruptura (MR), se obtiene con la carga de rotura por la longitud de la viga entre las dimensiones de la viga, las unidades están en kg/cm^2 o MPa. (NTP 339.078, 2017). Teniendo la siguiente ecuación:

$$Mr = \frac{P \times L}{b \times h^2} \quad \dots \text{(Ec. 2.2)}$$

Donde:

Mr: Módulo de rotura (MPa)

L: Luz libre entre apoyos (mm)

P: Carga máxima de rotura (N)

h: Altura promedio de la viga en la sección de falla (mm)

b: Ancho promedio de la viga en la sección de falla (mm)

Tercero, el método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción, con esta prueba definimos la resistencia a tracción, considerado como el máximo esfuerzo mecánico a tensión, aplicado a una muestra, hasta llegar a la fractura. Esta prueba, nos permite calcular el valor de tracción, fundamentalmente, a lo largo de un espécimen cilíndrico, se aplica la carga determinada de compresión diametral, hasta que se genere la falla. (NTP 339.084, 2017). Generalmente, se muestra una reducida fuerza a tracción para el concreto, pero tiene influencia en la fisuración, asimismo, sus valores son directamente proporcional a la resistencia a compresión.

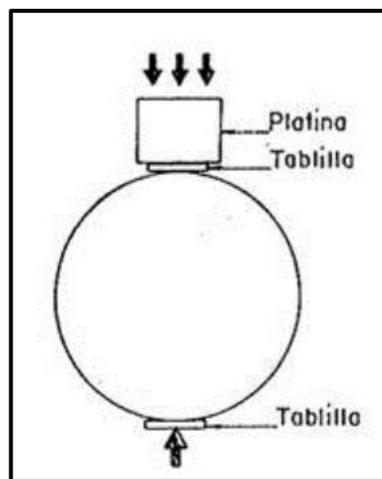


Figura 7. Máquina de ensayo de tracción diametral

Fuente: NTP 339.084

Nota: La figura muestra un esquema de la prueba para medir la resistencia a tracción diametral.

Con las definiciones anteriores, entramos al concepto de incorporación del hidrogel (SAP) en el concreto, siendo Hansen y Jensen quienes impulsaron la investigación de la adición de SAP para los materiales de construcción, especialmente en el hormigón. (Jensen y Hansen, 2001)

Por ello, es importante mencionar las ramas de aplicación, para López et.al (2021), las mas resaltantes son:

En la resistencia a compresión, pues al incluir SAP en la mezcla de concreto, genera obtención amplia o a veces tardía de esta resistencia. También, en la resistencia al congelamiento y descongelamiento, pues desarrolla un método de control al

congelamiento, con la aparición de macroporos muy bien distribuidos, después que, en la fase de curado interno e hidratación, el polímero SAP haya liberado el agua retenida, destacando que generan más estabilidad que los incorporadores de aire. De igual forma, en la mitigación de retracción autógena, ya que asegura una hidratación interna lenta y constante del cemento con el mecanismo Demand-supply, la adición de SAP beneficiará en mitigar la contracción autógena, al no crear microfisuras y el periodo de vida será mayor.

Poniendo énfasis en la auto reparación, porque al añadir SAP a la mezcla de concreto, aparte de crear los macroporos, la respuesta a cambios de pH, temperatura, presión; ayuda a conseguir un concreto altamente auto-reparable. Y un campo nuevo en el que tiene influencia, es en la reología, algunos estudios demuestran que, al interior de la mezcla, disminuye el porcentaje de agua suelta, al añadir SAP, este factor aumenta la viscosidad y fluidez.

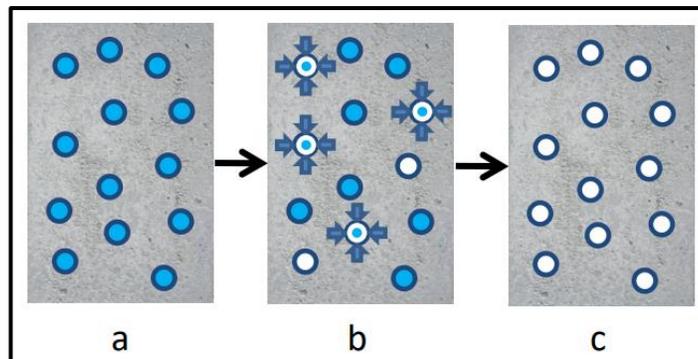


Figura 8. Ciclo del polímero superabsorbente al interior del concreto

Fuente: Lopez et.al (2021)

Nota: En la figura se muestra el ciclo del SAP al interior del concreto. a) Fase de retención de agua del SAP; b) Fase de hidratación del cemento; c) Fase de conformación de vacíos.

También es importante describir las ventajas y desventajas de los hidrogeles al incluir en el concreto:

Por el lado de las ventajas, para López et.al (2021), menciona que: el hidrogel disminuye la contracción autógena del concreto, porque proporciona un efectivo curado interno del concreto, también el hidrogel ayuda a conseguir un concreto altamente autorreparable.

En las mezclas de concreto, los hidrogeles disminuyen la dosis de agua libre y desarrollan un método de control al congelamiento y descongelamiento, a su vez, el hidrogel crea una matriz de microporos, lo cual convierte a la mezcla en trabajable y bombeable, para poder usarse en shotcrete, y parte de beneficio económico, es la reducción significativa en materiales y mano de obra.

Por otro lado, las desventajas, para Hernández (2020), son: aumento de la porosidad del hormigón, porque deja vacíos no conectados en el material endurecido, también la cantidad de carbonatos, hidróxidos y óxidos del cemento, como sodio y potasio, genera un impacto negativo significativo con relación a la cinética de absorción de los polímeros superabsorbentes SAP y no menos importante, su costo es medianamente elevado.

Definición de términos básicos

Aditivos: El aditivo es un elemento del concreto, que se adiciona en un porcentaje pequeño en relación al peso del cemento, el cual le brinda propiedades especiales, distinto de los componentes habituales (cemento, agregados y agua). (Norma ASTM C 125)

Aditivo Superplastificante: Los aditivos superplastificantes son aquellos que presenta la capacidad de reducir la cantidad de agua, alrededor de 30%, en la mezcla de concreto. También son conocidos de manera comercial como, superfluidificantes. (Rivva, 2020, p. 365)

Auto Reparación: Capacidad del concreto de promover su propia reparación, utilizando un aditivo adicional que funciona como agente curativo y no requiere de la intervención humana para ser reparado una vez se haya colocado. (Stewart, 2016)

Concreto de alta resistencia: Es un concreto especial, con $f'c$ mayor a 420 kg/cm², lleva en su composición aditivos que mejoran las propiedades mecánicas y físicas, como trabajabilidad y resistencia. (Ottazzi, 2004)

Concreto liviano: Los concretos livianos son más ligeros que los convencionales, estos se producen con agregados livianos naturales (arena ligera o peso normal) o artificiales;

se definen para un peso específico entre 1,400 y 1,900 kg/m³. Aunque resultan más costosos. (Ottazzi, 2004)

Hidrogel: Los hidrogeles son materiales polímeros hidrófilos con una amplia capacidad de absorber y liberar grandes volúmenes, en especial agua, pero también otras soluciones acuosas. (Estrada, 2014)

Polímero superabsorbente: Los SAP (Polímeros Superabsorbentes), están constituidos por grupos de electrolitos entrecruzados; presentan una gran capacidad de absorber y retener líquidos dentro de su estructura, sin llegar a degradarse; esto, debido a la presión osmótica de los iones configurados en su composición. (KLEMM, et al., 2012 p. 210)

Polimerización en gel: Este tipo de polimerización se produce por la mezcla de agua, agentes de reticulación, ácido acrílico, y radiación UV, la cual es la causante de generar las reacciones de reticulación y la polimerización. (Mariano, 2013)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación:

Álvarez (2020), indica que el tipo de investigación **aplicada**, tiene por finalidad “Obtención de nuevos conocimientos mediante la investigación de un problema, con la resolución del problema de forma práctica” (p. 03).

Este trabajo de investigación es de tipo aplicada, por tanto, tomaremos en cuenta que la investigación se enmarcó en evaluar la influencia del hidrogel sobre las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia, por la necesidad de lograr cumplir las exigencias requeridas para las estructuras.

Enfoque de investigación:

Según Com (2013), indica que la investigación **cuantitativa** tiene por finalidad “Buscar y recopilar datos, para sacar conclusiones, con lo cual se prueban hipótesis formuladas previamente; la base de todo ello son los números, empleados a través de la estadística según determinados criterios lógicos”.

Este trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo, puesto que se trabajó con datos numéricos, para evaluar las hipótesis formuladas mediante los resultados obtenidos por la medición de las variables dependientes (comportamiento mecánico) e independiente (Hidrogel) y fueron analizados mediante pruebas estadísticas.

Diseño de investigación:

Hernandez et al., (2006), consideran que una investigación de diseño **experimental** tiene por finalidad “Controlar una situación donde se maneja una o más variables independientes para analizar las consecuencias sobre una o más variables dependientes”.

La presente investigación presentó un diseño experimental, pues se manipulo el hidrogel (variable independiente) en dos grupos por medio de la comparación: grupo control (sin adición) y grupo experimental (adiciones con 0.15%, 0.25% y 0.35%), mediante pruebas experimentales, como son los ensayos en laboratorio de las propiedades mecánicas (variable dependiente).

Nivel de investigación:

Según Arias (2004), considera que la investigación a nivel **explicativo** es “El estudio e investigación de fenómenos, para entender el origen de estos, haciendo énfasis en conocer la naturaleza y sus causas; por otro parte, establecen la presencia o ausencia de relación entre variables” (p. 96).

El nivel de investigación es explicativo, pues detalló y explicó la influencia de adicionar Hidrogel en un concreto de resistencia elevada, sobre sus propiedades mecánicas.

3.2. Variables y operacionalización

V1: Hidrogel (variable independiente)

Definición conceptual: Los hidrogeles son materiales polímeros hidrófilos con una amplia capacidad de absorber y liberar grandes volúmenes, en especial agua, pero también otras soluciones acuosas. (Estrada, 2014)

Definición operacional: Los SAP, son polímeros óptimos en retención de líquidos y absorbentes, gracias a su estructura de red hidrófila tridimensional, es capaz de absorber y retener 100 veces en comparación con su peso y en un corto tiempo. Con estas propiedades especiales, SAP se ha utilizado ampliamente en muchas industrias, en particular en el concreto, se aplica en el desarrollo de tecnología de curado interno.

V2: Propiedades mecánicas del concreto (variable dependiente)

Definición conceptual: La composición química y estructura interna son las que definen las propiedades mecánicas de un material. Mencionando al concreto, se obtienen mediante ensayos, en la cual se aplica fuerzas externas. Considerando que se puede mostrar algunas alteraciones en ciertas condiciones. (Concremax, 2022)

Definición operacional: Se lleva a cabo el análisis de las propiedades mecánicas del concreto, mediante la elaboración de especímenes y posteriormente se realizarán las pruebas de laboratorio (estado endurecido) pertinentes; que finalmente ayudarán a determinar los resultados para mi investigación y logren llegar a una resistencia requerida a 420 kg/cm². (Ver anexo 01)

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Para Yuni y Urbano (2014), indican que la población es un “grupo de elementos con características comunes, se fundamenta en las unidades de observación, que son parte del objeto de estudio” (p. 20). Por lo cual, la población fue la producción total de concreto de $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, delimitada por la cantidad de probetas elaboradas.

Muestra

Según Álvarez (2020), considera que la muestra “es una fracción de la población, es decir una parte del conjunto mayor, siendo elegida para obtener conclusiones” (p.20).

En este trabajo de investigación, la muestra estuvo conformada por 72 probetas de concreto para compresión y tracción, de 4” x 8”, y 12 vigas de concreto para flexión, de 6” x 6”x 21”. Considerando, según la normativa la cantidad mínima de especímenes es de 3 probetas por edad (7, 14, 28 días) y para cada adición (0%, 0.15%, 0.25% y 0.35%).

Tabla 1. Cantidad de muestras para ensayo de resistencia a la compresión

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO				Total, de probetas elaboradas
Especímenes	07 días	14 días	28 días	
G - 1	03	03	03	09
H - 1	03	03	03	09
H - 2	03	03	03	09
H - 3	03	03	03	09
Total de probetas	12	12	12	36

Nota: La tabla muestra la cantidad de especímenes necesarios para desarrollar la prueba de resistencia a compresión

Tabla 2. Cantidad de muestra para ensayo de flexión del concreto

ENSAYO DE FLEXION DEL CONCRETO		Total, vigas elaboradas
Especímenes	>28 días	
G - 1	03	03
H - 1	03	03
H - 2	03	03
H - 3	03	03
Total de vigas	12	12

Nota: La tabla muestra la cantidad de especímenes necesarios para desarrollar la prueba de resistencia a flexión

Tabla 3. Cantidad de muestra para ensayo de tracción del concreto

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION DEL CONCRETO				Total, de probetas elaboradas
Especímenes	07 días	14 días	28 días	
G - 1	03	03	03	09
H - 1	03	03	03	09
H - 2	03	03	03	09
H - 3	03	03	03	09
Total de probetas	12	12	12	36

Nota: La tabla muestra la cantidad de especímenes necesarios para desarrollar la prueba de resistencia a tracción

Muestreo

Otzen y Monterola (2017), indican que el **muestreo no probabilístico** “es un procedimiento de selección sin una regla específica, por criterio de expertos, cabe resaltar que no se aplica las conclusiones o datos en otros estudios”.

En el estudio, se empleó un muestreo no probabilístico, pues no dependió de la fórmula estadística, sino de las características de la investigación y principios de elección de la tesis, asimismo de los criterios del investigador.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos: observación directa

Según Tamayo y Tamayo (2004), mencionan que la observación directa es “una técnica que hace uso de la vista para llevar a cabo la investigación, facilitando datos sobre una situación que el investigador controla con el manejo de variables” (p. 183).

En este trabajo de investigación, la técnica de recolección de datos utilizada fue la observación directa, pues se realizó la toma de datos necesarios según el desarrollo de los ensayos en laboratorio, en concordancia a las normativas, para lograr alcanzar los objetivos propuestos.

Instrumentos de recolección de datos:

Álvarez (2020), indica que “Los formatos, dispositivos o recursos son instrumentos de recopilación de datos, que son empleados para conseguir, registrar y obtener datos que ayuden a desarrollar los objetivos planteados en el estudio”.

En este trabajo de investigación, las **fichas técnicas de recopilación de información**, fue el instrumento aplicado, que fueron desarrolladas por medio de formatos de laboratorio (Ver anexo 3), los cuales fueron para cada tipo de ensayo a realizar.

Validez

López et al. (2011) definen a la validez, como un principio de valoración de los instrumentos utilizados en la investigación, es decir, establecen la calificación de si llega a medir verdaderamente la variable que debe medir. (Ver Anexo 04)

Apoyando el desarrollo con el juicio de expertos, en el cual, profesionales reconocidos y con amplio reconocimiento en el tema de investigación, brindaron la valoración y opiniones de los componentes que están dentro del instrumento de recolección.

Apellidos y Nombres del experto	CIP	FIRMA
Flores Cayllahua, Vladimir Alfonso	145397	 Vladimir Alfonso Flores Cayllahua Ing. Civil CIP: 145397
Peralta Ricra, Angel Vidal	269900	 PERALTA RICRA ANGEL VIDAL INGENIERO CIVIL CIP Nº 269900
De la Cruz Luyo, Brandon Jairo	259333	 DE LA CRUZ LUYO BRANDON JAIR INGENIERO CIVIL CIP Nº 259333

Confiabilidad

Magnusson (2008), menciona que la confiabilidad, hace referencia al grado de exactitud que posee el instrumento al medir la variable. Adicionalmente, se dice que es considerado confiable, al poseer un grado elevado de validez, por lo cual no presenta errores sistemáticos. (Villasis et al. 2008)

3.5. Procedimientos

ETAPA 01: Preparación y Planificación

- Revisión bibliográfica: Se estudió la literatura existente sobre la utilización de Hidrogel en concretos, en particular en aquellos de alta resistencia. Analizando también las propiedades mecánicas relevantes (compresión, flexión, tracción).
- Compra de insumos para adicionar el cemento:
La adquisición del material polímero superabsorbente Hidrogel fue de una empresa industrial llamada "Xilema", situado en la ciudad de Lima.
La adquisición del aditivo superplastificante, llamado FLUXCRETE 51SH, fue de una empresa de venta de aditivos.

ETAPA 02: Adquisición de los agregados

En primer lugar, se definió el lugar donde estarán situadas las canteras, para la obtención de los agregados (grueso y fino), que cumplieron las características necesarias; en este caso fueron:

- Cantera del Rio Mantaro, para agregado fino, ubicado en Huancayo, región Junín.
- Cantera Río Mantaro, para agregado grueso, ubicado en Huancayo.

ETAPA 03: Caracterización de los agregados

Se realizó a través de las diversas pruebas necesarias, haciendo uso de la normativa pertinente:

- Análisis granulométrico de agregados (NTP 400.012)
- Absorción y peso específico de agregados (NTP 400.021 y NTP 400.022)
- Contenido de humedad (NTP 339.185)
- Peso unitario suelto y compacto de agregados (NTP 400.017)

ETAPA 04: Elaboración de diseño de mezcla

Teniendo las etapas anteriores finalizadas, se desarrolló los diseños de mezcla, mediante el método de módulo de finura, un patrón y para los grupos experimentales con adiciones de 0.15%, 0.25% y 0.35% del peso del cemento, con una resistencia de diseño de $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$.

ETAPA 05: Elaboración de especímenes cilíndricos y vigas de concreto

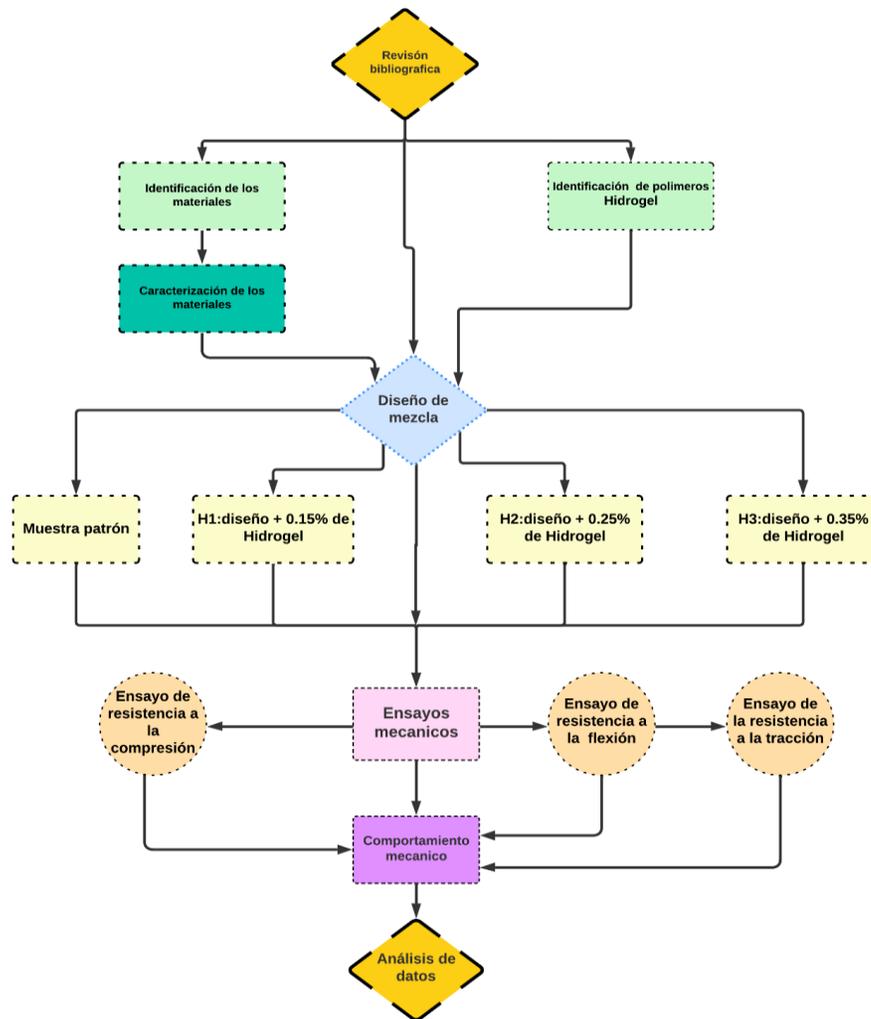
- Se elaboró especímenes cilíndricos, en total 72 probetas para el diseño control y los diseños experimentales (0.15%, 0.25% y 0.35% del peso del cemento). Estas fueron 36 para la prueba de resistencia a compresión y 36 para la resistencia a tracción, con medidas de 4" x 8", siguiendo las normativas pertinentes.
- Se elaboró especímenes prismáticos tipo viga para el ensayo de resistencia a la flexión, en total 12 vigas para el diseño control y los diseños experimentales (0.15%, 0.25% y 0.35% del peso del cemento). Se elaboró en moldes prismáticos de medidas de 6" x 6" x 21", siguiendo las normativas pertinentes.

ETAPA 06: Proceso de curado

El curado se realizó una vez obtenido el espécimen desmoldado, fueron sumergidos en la poza con agua y previamente disuelta en cal, 2 g por litro de agua, a una temperatura de 23° a 25°C, los especímenes estuvieron completamente cubiertos por agua.

ETAPA 07: Ejecución de ensayos mecánicos (estado endurecido)

- Se llevó a cabo la prueba de resistencia a compresión, según la NTP 339.034, usando las probetas cilíndricas de 4"x8" elaboradas. Estos especímenes fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días, para cada diseño patrón y experimental, en cada uno de ellos fueron 3 probetas de ensayo.
- Se llevó a cabo la prueba de resistencia a flexión, según la NTP 339.078, usando las vigas prismáticas de dimensiones de 6"x6"x21" elaboradas. Estos especímenes fueron ensayados a los 28 días, para cada diseño patrón y experimental, en cada uno de ellos fueron 3 vigas de ensayo.
- Se llevó a cabo la prueba de resistencia a tracción, según la NTP 339.084, usando las probetas cilíndricas de 4"x8" elaboradas. Estos especímenes fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días, para cada diseño patrón y experimental, en cada uno de ellos fueron 3 probetas de ensayo.



3.6. Método de análisis de datos

Este proceso, se dividió en dos fases: La primera es la estadística descriptiva, en ella se desarrolló el cálculo de frecuencias, indicadores de tendencia central (media) y dispersión (varianza, desviación estándar); la segunda es la estadística inferencial, en ella se desarrolló el contraste de hipótesis. Los programas Excel y SPSS, apoyaron al procesamiento y tratamiento de información, respectivamente.

3.7. Aspectos éticos

Este estudio tuvo en consideración los derechos de propiedad intelectual de los autores, la validez de resultados, la confiabilidad de la información e identificación de los participantes. Se tuvo en cuenta las normas éticas: autenticidad, imparcialidad, originalidad y autorización de las personas involucradas en el trabajo de investigación.

IV. RESULTADOS

Descripción del proyecto

El trabajo de investigación, tuvo la finalidad de evaluar las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, para elementos estructurales, con incorporación de Hidrogel; para ello se desarrolló estudios previos de caracterización de agregados y del Hidrogel, con los resultados obtenidos, mediante el método módulo de finura, se desarrolló el diseño de mezcla para dos grupos (control y experimental), después se realizó el vaciado del concreto en los moldes cilíndricos y prismáticos para luego ser ensayados por compresión, flexión y tracción, empleando las normativas nacionales e internacionales: NTP, ASTM.

Zona de estudio

El desarrollo del trabajo de investigación, como caracterización de agregados, vaciado en los moldes y ensayos mecánicos: compresión, flexión y tracción, se realizaron en el laboratorio Geosolum S.A.C Laboratorio de suelos, concreto y asfalto; situado en la ciudad de Huancayo. Cabe resaltar que este trabajo de investigación contempla el poder ser utilizado en el Perú.



Figura 9. Laboratorio de concreto Geosolum

Nota: En la figura se muestra la fachada del lugar donde se ubica el laboratorio de suelos, concreto y asfalto GEOSOLUM S.A.C., ubicado en la urbanización la Ribera, provincia de Huancayo, región Junín.

Desarrollo del procedimiento

ETAPA 01: Preparación y Planificación

Revisión bibliográfica: Se estudio la literatura existente sobre la utilización de Hidrogel en concretos, en particular en aquellos de alta resistencia. Analizando también las propiedades mecánicas relevantes (compresión, flexión, tracción).

Compra de insumos para adicionar el cemento: La adquisición del material polímero superabsorbente Hidrogel fue de la empresa industrial llamada "Xilema", situado en la ciudad de Lima, se compró la presentación de un kilogramo en gránulos. Ya que la incorporación fue de 0.15%, 0.25% y 0.35% del peso del cemento.



(a)

(b)

Figura 10. Presentación de polímero superabsorbente Hidrogel

Nota: En la figura se muestra la presentación en paquete de polímero superabsorbente Hidrogel. a) Paquete envasado del polímero Hidrogel; b) Pesaje de 1 kg del paquete de Hidrogel.

En relación a sus características, su aspecto es granulado y color blancuzco, compuesto por poliacrato de sodio en un 96%; los tamaños de granos son en promedio de 2.5 mm, entonces son retenidos en la malla N°8 (2.36 mm), muestra homogeneidad en su distribución.



(a)



(b)

Figura 11. Aspecto del polímero superabsorbente Hidrogel

Nota: En la figura se muestra el aspecto del Hidrogel. a) Aspecto granulado y color blancuzco del polímero Hidrogel; b) Retenido de Hidrogel en la malla N°8 (2.36 mm)

Asimismo, presenta una cinética de absorción de agua de 300 ml/g, porcentaje de humedad de 4.2% y entre otras características que se muestra a continuación:

Tabla 4. *Características del polímero superabsorbente Hidrogel*

Características	Valor	Unidad
Tamaño de grano	2.5	mm
Densidad	700	g/l
% de poliacrato de sodio	96	%
Capacidad de absorción de agua	300	ml/g
Porcentaje de Humedad	4.2	%
PH (1% solución agua)	6.8 – 6.9	
Contenido de potasio	11.5	%
Cantidad de monómeros	420	ppm

Nota: La tabla muestra las características más resaltantes del polímero superabsorbente Hidrogel. Fuente: Ficha técnica Hidrogel

La adquisición del aditivo superplastificante, llamado FLUXCRETE 51SH, fue de la empresa BIOCRETO, el aditivo es líquido de color marrón oscuro, este aditivo es usado para concretos de alto desempeño. Se adquirió una cantidad de 4 litros.



Figura 12. Aditivo superplastificante FLUXCRETE 51 SH

Nota: En la figura se muestra el aditivo superplastificante FLUXCRETE 51 SH, en un envase de 4 litros de capacidad.

ETAPA 02: Adquisición de los agregados

Los agregados fueron adquiridos de la ferretería “Santa Rocio”, los cuales trabajan con las canteras del río Mantaro, ello nos brindó la garantía de la calidad del material, asimismo la cercanía al laboratorio donde se realizaron los ensayos.

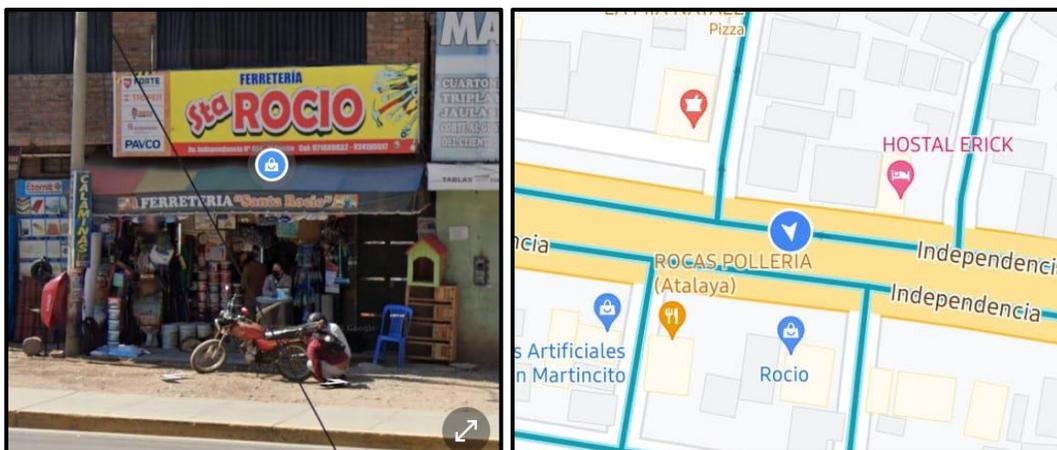


Figura 13. Ubicación de la ferretería “Santa Rocio”

Fuente: Propia



Figura 14. Montículo de agregado grueso

Nota: En la figura se muestra piedra chancada de ½”, el agregado grueso, cantera rio Mantaro.



Figura 15. Montículo de agregado fino

Nota: En la figura se muestra arena gruesa, el agregado fino, de la cantera del rio Mantaro.

ETAPA 03: Caracterización de los agregados

Obtenido los agregados, se procedió a desarrollar la caracterización, siendo desarrollados en el laboratorio GEOSOLUM S.A.C., que brindó la garantía en el desarrollo de los ensayos, según las especificaciones de las normativas, haciendo uso de equipos certificados y con apoyo de personal calificado en el área.

Análisis granulométrico de agregados (NTP 400.012): Este ensayo hace uso tamices normados con distintos diámetros ordenados en una columna, se distribuye según el tamaño de sus partículas. Los resultados se grafican en una curva granulométrica que nos mostrara si cumplen con las especificaciones de la normativa y determina su calidad.

AGREGADO FINO

Tabla 5. Resultados del análisis granulométrico de agregado fino

# Tamiz	Abertura (mm)	(%) Peso retenido	(%) P.Ret. Acum.	(%) Que pasa
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	3.4	3.4	96.6
N° 8	2.36	11.1	14.5	85.4
N° 16	1.18	12.6	27.1	72.8
N° 30	0.59	18.1	45.2	54.7
N° 50	0.297	25.8	71.0	28.9
N° 100	0.149	15	86.00	6.1
N°200	0.1	5.5	91.5	2.3
FONDO	0.000	8.4	100.00	0.00
TOTAL		100.00		

Nota: La tabla muestra los resultados obtenidos del ensayo de granulometría al agregado fino

Los resultados de análisis granulométrico para agregado fino se muestran en la Tabla 5, se obtuvo que el porcentaje retenido más alto se encuentra en la malla N° 50 con 25.8%, también el módulo de fineza de 2.531, para agregado fino, cumple con la ASTM C125.

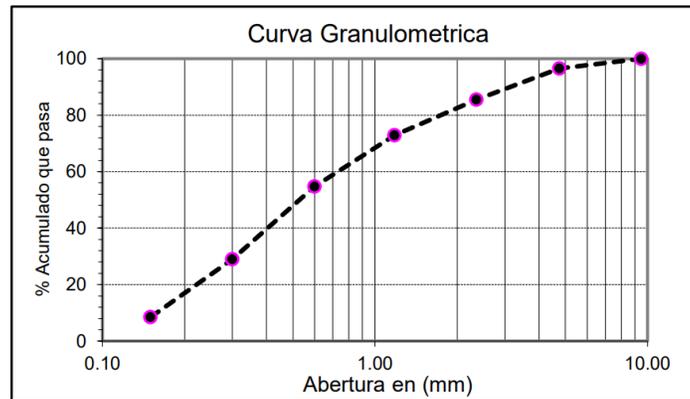


Figura 16. Curva granulométrica del agregado fino

Nota: En la figura se muestra el gráfico en escala logarítmica, % acumulado que pasa y la abertura del tamiz (mm), del agregado fino

Asimismo, en base al gráfico, el agregado fino alcanzó óptimos resultados, cumpliendo con los parámetros de la ASTM C33, al estar en los intervalos permitidos para ser usado en el concreto.



Figura 17. Ejecución del ensayo de análisis granulométrico para agregado fino

Nota: En la figura se muestra la ejecución del ensayo análisis granulométrico para agregado fino, en el cual se ve el juego de tamices ordenados (1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N°200).

AGREGADO GRUESO

Tabla 6. Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso

# Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (Kg)	(%) Peso retenido	(%) P.Ret. Acum.	(%) Que pasa
1"	25.000	0.00	0.00	0.0	100.0
3/4"	19	1.46	29.2	29.2	70.8
1/2"	12.5	2.25	45.0	74.2	25.9
3/8"	9.525	6.6	13.2	87.4	12.7
N° 4	4.75	3.4	6.8	93.2	1.2
N° 8	2.36	0.2	4.0	97.2	0.7
Fondo	0.000	0.095	1.9	100.0	0.00
TOTAL		5.00	100.0		

Nota: La tabla muestra los resultados obtenidos del ensayo de granulometría al agregado grueso

Los resultados de granulometría para el agregado grueso se presentan en la Tabla 6, se obtuvo que el porcentaje retenido más alto se encuentra en la malla de 1/2" con 45.0%, entonces presenta un tamaño máximo nominal de 1".

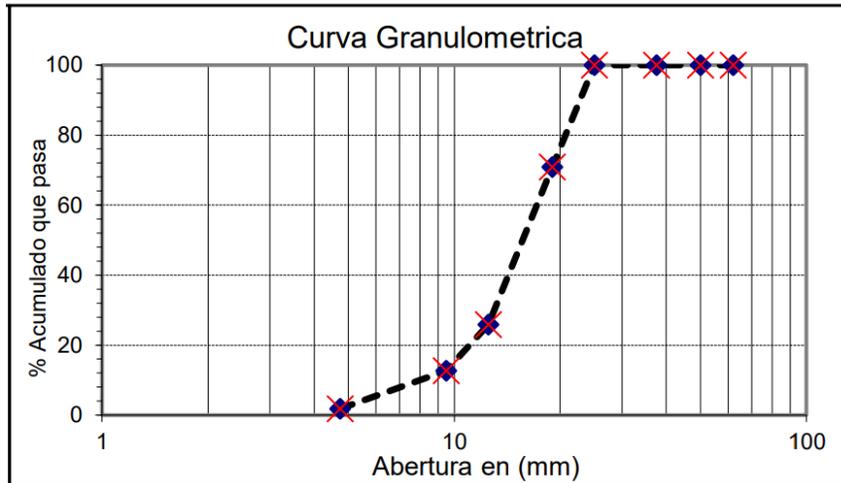


Figura 18. Curva granulométrica del agregado grueso

Nota: En la figura se muestra el gráfico en escala logarítmica, % acumulado que pasa y la abertura del tamiz (mm), del agregado grueso

Asimismo, en base al gráfico, el agregado grueso alcanzó óptimos resultados, cumpliendo con los parámetros de la ASTM C33, al estar en los intervalos permitidos para ser usado en el concreto.

Contenido de humedad (NTP 339.185): Esta prueba nos ayuda a conseguir el porcentaje de agua presente en los agregados, se desarrolló según la normativa NTP 339.185, con el propósito de hallar la cantidad de agua para corregir el diseño de mezcla.

Peso unitario suelto y compacto de agregados (NTP 400.017): Esta prueba nos ayuda a hallar el peso compactado y suelto del agregado, con la finalidad de obtener las cantidades adecuadas del agregado para el diseño.

Absorción y peso específico de agregados (NTP 400.021 y NTP 400.022): Este ensayo nos ayuda a obtener los valores de peso y volumen del agregado, con el propósito de hallar el volumen que ocupan los agregados dentro de una mezcla.

Tabla 7. Resultados de los ensayos de caracterización de agregados

ENSAYO	AGREGADO	AGREGADO	NORMATIVA
	FINO	GRUESO	
Contenido de humedad	0.61 %	0.42 %	NTP 339.185
Absorción	1.40 %	1.63 %	NTP 400.021 y
Peso específico de masa	2.56 g/m^3	2.62 g/m^3	400.022
Peso específico de masa S.S.S	2.60 g/m^3	2.66 g/m^3	
Peso específico aparente	2.66 g/m^3	2.73 g/m^3	
Peso unitario suelto	1539 kg/m^3	1436 kg/m^3	NTP 400.017
Peso unitario compactado	1681 kg/m^3	1533 kg/m^3	NTP 400.017
Tamaño máximo nominal	-	1"	NTP 400.012
Módulo de finura	2.531	-	NTP 400.012

Nota: La tabla muestra los resultados obtenidos de los ensayos de caracterización de agregados: absorción y peso específico, peso unitario, contenido de humedad, entre otros.



Figura 19. Ejecución del ensayo de contenido de humedad

Nota: En la figura se muestra parte del proceso, colocado de muestras al horno, de la prueba de contenido de humedad de agregados, haciendo uso de taras y horno previamente calibrado.

ETAPA 04: Elaboración de diseño de mezcla

Teniendo las etapas anteriores finalizadas, se desarrolló los diseños de mezcla, mediante el método de módulo de finura, un patrón y para los grupos experimentales con adiciones de 0.15%, 0.25% y 0.35% del peso del cemento, con una resistencia de diseño de $f'c=420 \text{ kg/cm}^2$., para un concreto de alta resistencia.

Diseño de mezcla grupo patrón:

1. Seleccionamos el asentamiento

Tabla 8. Asentamiento según el tipo de estructura

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y Muros de cimentación Armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"

Fuente: Adaptado del ACI 211

De la tabla 8, determinamos el asentamiento, en este caso al ser elementos estructurales y se usa aditivos, definiremos un asentamiento entre **4" y 6"**.

2. Seleccionamos el contenido de agua y aire atrapado.

Tabla 9. Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua en Lts/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados							
	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	6 "
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---

Fuente: Adaptado del ACI 211

De la tabla 9, obtenemos la cantidad de agua considerando el tamaño máximo nominal y el asentamiento, interpolamos y será 198 l/m³.

Tabla 10. *Contenido de aire atrapado*

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %

Fuente: Adaptado del ACI 211

De la tabla 10, seleccionamos el contenido de aire atrapado según el tamaño máximo nominal del agregado, será 1.5%.

3. Cálculo de la relación a/c en base a la resistencia requerida:

Si tenemos un $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$, se debe usar un factor de seguridad, teniendo lo siguiente:

$$f'cr = f'c + 98 = 518 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla 11. *Relación agua-cemento por resistencia*

f ' cr (28 días)	Relación a/c de diseño en peso
	Concretos sin aire incorporado
200	0.70
250	0.62
300	0.55
350	0.48
400	0.43
450	0.38

Fuente: Adaptado del ACI 211

De la tabla 11, buscamos el $f'_{cr} = 518 \text{ kg/cm}^2$, el cual es mayor a 450 con a/c 0.38, interpolamos para 518 y se obtiene **a/c = 0.327**.

4. Luego, se calcula el contenido de cemento, con el volumen unitario de agua entre el a/c; con lo cual, se calcula el volumen absoluto de la pasta y de los agregados.

$$\text{Cont. Cemento} = \frac{198}{0.327} = 605.6 \text{ kg/m}^3 \approx 14.6 \text{ bol/m}^3$$

Volumen absoluto de pasta:

$$\text{Cemento} = 0.194 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} = 0.198 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire atrapado} = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Absoluto} = 0.407 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto de agregados: } 1 - 0.407 = 0.593 \text{ m}^3$$

5. Se calcula el módulo de fineza de la combinación de agregados

Tabla 12. Módulo de fineza de la combinación de agregados

Tamaño máximo nominal del agregado grosso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m ³ indicados			
	6	7	8	9
3/8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2 "	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09

Fuente: Adaptado del ACI 211

De la tabla 12, considerando las bolsas por m^3 y el tamaño máximo nominal del agregado grosso, tenemos 14.6 y 1"; interpolamos y será $m = 5.975 \text{ m}^3$

6. Se halla el porcentaje de agregado fino, para después hallar el volumen de agregado fino y grueso

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} = \frac{7.15 - 5.975}{7.15 - 2.531} = 25.37\%$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0.593 * \frac{25.37}{100} = 0.15 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.593 - 0.15 = 0.443 \text{ m}^3$$

7. Se calcula los pesos en estado seco de agregados, diseño teórico, después se realiza las correcciones por humedad.

Cantidad por m³ de concreto: 2329 kg/m³

- Cemento: 627 kg
- Agregado grueso: 682 kg
- Agregado fino: 815 kg
- Agua: 205 l

Corrección por humedad y peso unitario del concreto fresco: 2328 kg/m³

- Cemento: 621 kg
- Agregado grueso: 678 kg
- Agregado fino: 812 kg
- Agua: 217 l

8. Después, se realiza la dosificación del aditivo FLUXCRETE 51 SH; también se realiza corrección de agua para obtener la nueva proporción.

Proporción en peso

- Cemento: 42.5 kg
- Piedra: 46.42 Kg
- Arena: 55.61 Kg
- Agua: 14.9 litros de agua/bolsa de cemento
- Aditivo reductor de agua: FLUXCRETE 51 SH - Reducción de agua: 10%
- Dosificación por peso de cemento: 1.5 %

Dosificación para uso de aditivo FLUXCRETE 51SH

- Peso aditivo: 0.64 kg

- Nueva proporción de agua: 13.40 litros de agua/bolsa de cemento
9. Finalmente, obtenemos los valores del diseño final, en el cual contemplamos proporciones de materiales por m³ y por peso.

Tabla 13. *Proporciones de diseño final para el grupo patrón*

GRUPO PATRÓN		
	Prop. por m³	Prop. por peso
Cemento	620.71 kg/m ³	42.5 Kg
A. Fino	812.25 kg/m ³	55.61 Kg
A. Grueso	678.06 kg/m ³	46.42 Kg
Agua	195.64 l/m ³	13.4 Lt/bls
Aditivo	9.31 kg/m ³	0.64 Kg

Nota: La tabla muestra el diseño obtenido perteneciente al grupo patrón, con las proporciones de cada componente.

Diseño de mezcla grupos experimentales:

- Factor de cemento: 14.6 bolsas de cemento/m³ de concreto
- Asentamiento: 4" - 6"
- Nueva relación a/c, considerando la relación agua arrastrada a cemento $(w/c)_e = 0.06$ y la proporción de aditivo: 0.327

Dosificación hidrogel al 0.15%

Tabla 14. *Proporciones de diseño final para el grupo experimental H-1*

GRUPO EXPERIMENTAL H-1		
	Peso por m³	Prop. por peso
Cemento	620.71 kg/m ³	42.5 kg
A. Fino	812.25 kg/m ³	55.61 kg
A. Grueso	678.06 kg/m ³	46.42 kg
Agua	217.54 l/m ³	14.9 lt/bls
Aditivo	9.31 kg/m ³	0.64 kg = 637.5 g
Hidrogel	0.93 kg	0.06 kg = 63.75 g

Nota: La tabla muestra el diseño obtenido perteneciente al grupo H-1 al 0.15% de Hidrogel, con las proporciones de cada componente.

Dosificación hidrogel al 0.25%

Tabla 15. Proporciones de diseño final para el grupo experimental H-2

GRUPO EXPERIMENTAL H-2		
	Peso por m³	Prop. por peso
Cemento	620.71 kg/m ³	42.5 kg
A. Fino	812.25 kg/m ³	55.61 kg
A. Grueso	678.06 kg/m ³	46.42 kg
Agua	217.54 l/m ³	14.9 lt/bls
Aditivo	9.31 kg/m ³	0.64 kg = 637.5 g
Hidrogel	1.55 kg	0.11 kg = 106.3 g

Nota: La tabla muestra el diseño obtenido perteneciente al grupo H-2 al 0.25% de Hidrogel, con las proporciones de cada componente.

Dosificación hidrogel al 0.35%

Tabla 16. Proporciones de diseño final para el grupo experimental H-3

GRUPO EXPERIMENTAL H-3		
	Peso por m³	Prop. por peso
Cemento	620.71 kg/m ³	42.5 kg
A. Fino	812.25 kg/m ³	55.61 kg
A. Grueso	678.06 kg/m ³	46.42 kg
Agua	217.54 l/m ³	14.9 lt/bls
Aditivo	9.31 kg/m ³	0.64 kg = 637.5 g
Hidrogel	2.17 kg	0.15 kg = 148.8 g

Nota: La tabla muestra el diseño obtenido perteneciente al grupo H-3 al 0.35% de Hidrogel, con las proporciones de cada componente.

ETAPA 05: Elaboración de especímenes cilíndricos y vigas de concreto

En esta etapa se elaboraron los especímenes cilíndricos, en total 72 probetas para el diseño patrón y los diseños experimentales (0.15%, 0.25% y 0.35% del peso del cemento). De las cuales son 36 a compresión y 36 a tracción, con medidas de 4" x 8".

Asimismo, se elaboraron 12 especímenes prismáticos tipo viga para resistencia a flexión, para el diseño control y los diseños experimentales (0.15%, 0.25% y 0.35% del peso del cemento). Se elaborarán en moldes prismáticos de medidas de 6" x 6" x 21", siguiendo la normativa NTP 339.033.



Figura 20. Vista de los materiales, equipos e instrumentos para el vaciado

Nota: En la figura se muestra los materiales, equipos e instrumentos a utilizar: mezcladora, cemento, agregados, moldes de probetas.

Preparación de la mezcla para $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$

Iniciamos dejando listo todos los equipos, continuamos con el pesado de los materiales; para el grupo patrón pesamos: cemento, agregado fino, grueso, agua y aditivo según las proporciones del diseño de mezcla; en el caso de los grupos experimentales, se incorpora el polímero superabsorbente Hidrogel según los porcentajes indicados tomando en cuenta el peso del cemento. Luego colocamos en la mezcladora para unir todos los componentes.



(a)



(b)

Figura 21. Incorporación del Hidrogel al cemento

Nota: En la figura se muestra la incorporación del polímero superabsorbente Hidrogel. a) Pesado de la cantidad necesaria de polímero superabsorbente Hidrogel; b) Mezcla del Hidrogel con el cemento, antes de juntar todos los materiales del diseño.



Figura 22. Mezcla de los materiales para el diseño

Nota: En la figura se muestra el mezclado de los componentes (agregado fino y grueso, agua, cemento, aditivo 51SH) en la mezcladora tambor para obtener el concreto y vertido en la carretilla para su posterior colocado en los moldes.

Elaboración de especímenes cilíndricos y prismáticos

Cada molde cilíndrico y prismático, se calibra, ajusta y colocamos desmoldante en su cara interna, para después llenarlos en 2 capas los cilíndricos y 3 capas los prismáticos, cada capa es compactada con 25 golpes distribuidos uniformemente usando una varilla lisa y luego con golpes del martillo de goma se elimina los vacíos, finalmente se elimina material excedente. Siguiendo los lineamientos de la NTP 339.033.



(a)

(b)



(c)

Figura 23. Elaboración de especímenes cilíndricos

Nota: En la figura se muestra el colocado del concreto en los moldes. a) Colocación de concreto en los moldes cilíndricos del grupo patrón; b) Probetas ya moldeadas del grupo patrón G-1; c) Probetas ya moldeadas del grupo experimental H-1.

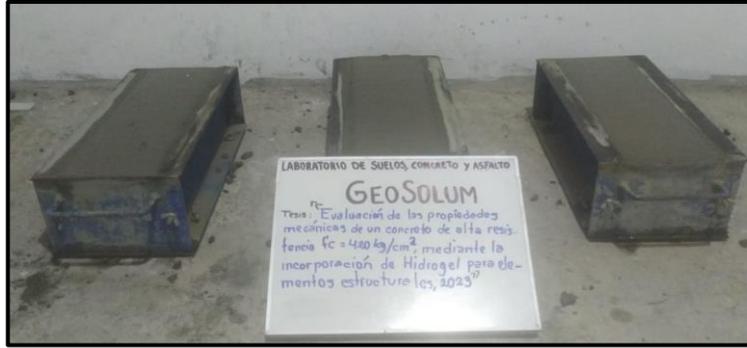


Figura 24. Elaboración de especímenes prismáticos

Nota: En la figura se muestra el colocado del concreto en los moldes prismáticos tipo viga, especímenes del grupo patrón G-1.

ETAPA 06: Proceso de curado

En esta etapa, el curado se realizó al tener el espécimen desmoldeado, esto un día después de realizar el vaciado; los especímenes que se curó fueron solo los del grupo patrón, fueron sumergidos en la poza y previamente disuelta en cal, 2 g por litro de agua, los especímenes estuvieron completamente cubiertos por agua a una temperatura de 23° a 25°C.

En el caso de los especímenes de los grupos experimentales, no fueron curados en agua, simplemente fueron colocados en condiciones de laboratorio.



Figura 25. Poza de curado con las muestras del grupo patrón

Nota: En la figura se muestra la poza de curado con los especímenes cilíndricos y prismáticos sumergidos, la poza contiene 2g cal por litro de agua.

ETAPA 07: Ejecución de ensayos mecánicos (estado endurecido)

Ensayo de resistencia a la compresión:

En esta etapa se ejecuta la prueba según la NTP 339.034, usando las probetas de 4"x8" elaboradas. Estos especímenes serán ensayados a los 7, 14 y 28 días, para cada diseño patrón y experimentales, en cada uno de ellos serán 3 probetas de ensayo.

Primero se retira el espécimen de la poza de curado y se mide la altura y diámetro de los especímenes cilíndricos patrón y los experimentales.



Figura 26. Medición de especímenes cilíndricos

Nota: En la figura se muestra la medición de los especímenes cilíndricos, se mide las dimensiones de altura, diámetro superior e inferior de las probetas, se mide tres veces cada dimensión para obtener un promedio.

Luego, se coloca el espécimen en la máquina de compresión y se ensaya al punto de llegar a la resistencia máxima, así se procede con todas las muestras.



Figura 27. Ejecución del ensayo de resistencia a la compresión

Nota: En la figura se muestra la ejecución del ensayo de resistencia a la compresión, haciendo uso de la máquina de compresión axial, previamente calibrada.

El desempeño mecánico a compresión a 7, 14 y 28 días, presentan los resultados siguientes:

Tabla 17. Resultados de resistencia a la compresión a los 7 días

CÓDIGO	FECHA DE MOLDEO	Diseño $f'c$ (kg/cm ²)	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	$f'c$ promedio	% Resist.	Falla
G-1 / PATRON	08/07/2023	420	7	10.0	20.0	294.0	301.7	70%	TIPO IV
G-1 / PATRON	08/07/2023		7	9.9	19.9	325.0		77%	TIPO VI
G-1 / PATRON	08/07/2023		7	9.9	20.0	286.0		68%	TIPO VI
H-1 / 0.15%	15/07/2023		7	9.9	19.9	316.0	303.3	75%	TIPO VI
H-1 / 0.15%	15/07/2023		7	10.1	20.1	314.0		75%	TIPO IV
H-1 / 0.15%	15/07/2023		7	10.1	20.1	280.0		67%	TIPO V
H-2 / 0.25%	17/07/2023		7	10.1	20.1	261.0	319.0	62%	TIPO IV
H-2 / 0.25%	17/07/2023		7	10.1	19.9	319.0		76%	TIPO VI
H-2 / 0.25%	17/07/2023		7	10.1	20.0	377.0		90%	TIPO VI
H-3 / 0.35%	18/07/2023		7	10.0	20.1	218.0	235.0	52%	TIPO VI
H-3 / 0.35%	18/07/2023	7	10.0	19.9	250.0	60%		TIPO VI	
H-3 / 0.35%	18/07/2023	7	9.9	20.1	237.0	56%		TIPO V	

Tabla 18. Resultados de resistencia a la compresión a los 14 días

CODIGO	FECHA DE MOLDEO	f'c (kg/cm2)	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	f'c promedio	% Resist.	Falla
G-1 / PATRON	08/07/2023		14	9.9	20.1	321.0		76%	TIPO V
G-1 / PATRON	08/07/2023		14	10.1	19.9	347.0	337.7	83%	TIPO V
G-1 / PATRON	08/07/2023		14	10.1	20.1	345.0		82%	TIPO IV
H-1 / 0.15%	15/07/2023		14	10.1	19.9	337.0		80%	TIPO V
H-1 / 0.15%	15/07/2023		14	9.9	19.9	349.0	325.0	83%	TIPO IV
H-1 / 0.15%	15/07/2023	420	14	10.1	19.9	289.0		69%	TIPO IV
H-2 / 0.25%	17/07/2023		14	10.1	20.1	348.0		83%	TIPO IV
H-2 / 0.25%	17/07/2023		14	10.0	20.0	318.0	342.3	76%	TIPO V
H-2 / 0.25%	17/07/2023		14	10.1	10.1	361.0		86%	TIPO V
H-3 / 0.35%	18/07/2023		14	9.9	20.0	269.0		64%	TIPO VI
H-3 / 0.35%	18/07/2023		14	9.9	19.9	281.0	274.7	67%	TIPO VI
H-3 / 0.35%	18/07/2023		14	10.0	20.0	274.0		65%	TIPO VI

Tabla 19. Resultados de resistencia a la compresión a los 28 días

CODIGO	FECHA DE MOLDEO	DISEÑO f'c (kg/cm2)	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	f'c promedio	% Resist.	Falla
G-1 / PATRON	08/07/2023		28	10.1	20.0	438.0		104%	TIPO VI
G-1 / PATRON	08/07/2023		28	10.1	20.1	400.0	421.0	95%	TIPO IV
G-1 / PATRON	08/07/2023		28	10.0	19.9	425.0		101%	TIPO V
H-1 / 0.15%	15/07/2023		28	10.1	20.0	352.0		84%	TIPO IV
H-1 / 0.15%	15/07/2023		28	9.9	20.0	374.0	374.7	89%	TIPO IV
H-1 / 0.15%	15/07/2023	420	28	10.1	20.0	398.0		95%	TIPO VI
H-2 / 0.25%	17/07/2023		28	10.0	20.1	380.0		90%	TIPO V
H-2 / 0.25%	17/07/2023		28	10.0	19.9	428.0	423.0	102%	TIPO VI
H-2 / 0.25%	17/07/2023		28	9.9	20.0	461.0		110%	TIPO V
H-3 / 0.35%	18/07/2023		28	10.0	20.0	304.0		72%	TIPO VI
H-3 / 0.35%	18/07/2023		28	10.1	20.0	284.0	296.3	68%	TIPO V
H-3 / 0.35%	18/07/2023		28	9.9	19.9	301.0		72%	TIPO V

Ensayo de resistencia a la flexión:

En esta etapa se ejecutó la prueba según la NTP 339.078, usando las vigas prismáticas de dimensiones de 6"x6"x21" elaboradas.

Estos especímenes serán ensayados a los 28 días, para patrón y experimental.

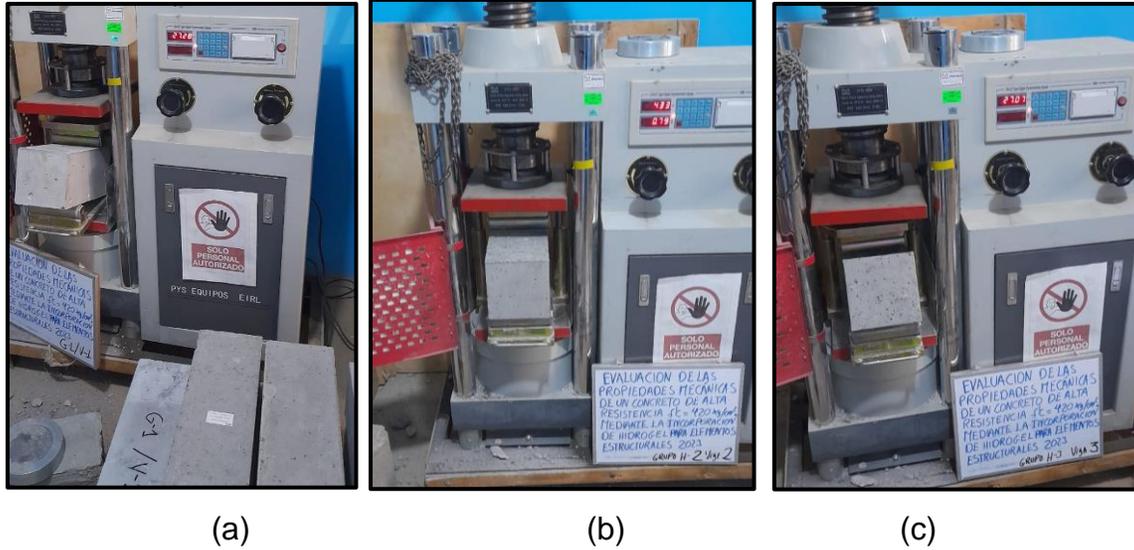


Figura 28. Ejecución del ensayo de resistencia a la flexión

Nota: En la figura se muestra la rotura de vigas para hallar el desempeño mecánico a flexión, con la máquina de compresión axial. a) Rotura de viga del grupo patrón; b) Rotura de viga del grupo experimental H-2; c) Rotura de viga del grupo experimental H-3.

Tabla 20. Resultados de resistencia a la flexión a los 28 días

código	FECHA DE ELABORACION	EDAD (días)	DISTANCIA (cm)	MOD. ROTURA (Kg/cm ²)	Mr. Promedio (Kg/cm ²)
G-1 / PATRON	08/07/2023	28	45.0	43.3	
G-1 / PATRON	08/07/2023	28	45.0	43.9	42.9
G-1 / PATRON	08/07/2023	28	45.0	41.4	
H-1 / 0.15%	15/07/2023	28	10.1	36.7	
H-1 / 0.15%	15/07/2023	28	9.9	35.5	35.1
H-1 / 0.15%	15/07/2023	28	10.1	33.2	
H-2 / 0.25%	17/07/2023	28	10.0	42.5	
H-2 / 0.25%	17/07/2023	28	10.0	43.6	43.3
H-2 / 0.25%	17/07/2023	28	9.9	42.9	
H-3 / 0.35%	18/07/2023	28	10.0	25.5	
H-3 / 0.35%	18/07/2023	28	10.1	21.6	28
H-3 / 0.35%	18/07/2023	28	9.9	23.9	

Todos los especímenes tuvieron la ubicación de la falla, al tercio central.

Ensayo de resistencia a la tracción

En esta etapa se llevará a cabo la prueba de resistencia a tracción, según la NTP 339.084, usando las probetas cilíndricas de 4"x8". Ensayados a los 7, 14 y 28 días.



(a)

(b)

Figura 29. Ejecución del ensayo de resistencia a la tracción

Nota: En la figura se muestra la rotura de probetas para hallar el desempeño mecánico a tracción, haciendo uso de la máquina de compresión axial. a) Rotura de probeta del grupo experimental H-1; c) Rotura de probeta del grupo experimental H-2.

Tabla 21. Resultados de resistencia a la tracción a los 7 días

CODIGO	FECHA DE ELABORACION	DISEÑO f'c (kg/cm2)	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	RESISTENCIA A TRACCION (Kg/cm2)	Resistencia a Tracción promedio (Kg/cm2)
G-1 / PATRON	08/07/2023		7	10.2	20.0	23.0	
G-1 / PATRON	08/07/2023		7	10.1	20.2	24.7	23.5
G-1 / PATRON	08/07/2023		7	10	20.0	22.9	
H-1 / 0.15%	15/07/2023		7	10.1	20.1	22.1	
H-1 / 0.15%	15/07/2023		7	10.1	20.1	19.3	20.6
H-1 / 0.15%	15/07/2023	420	7	10.2	20.2	20.5	
H-2 / 0.25%	17/07/2023		7	10.0	20.1	24.3	
H-2 / 0.25%	17/07/2023		7	10.1	20.0	23.8	24.1
H-2 / 0.25%	17/07/2023		7	10.2	20.2	24.1	
H-3 / 0.35%	18/07/2023		7	10.2	20.1	20.7	
H-3 / 0.35%	18/07/2023		7	10.1	20.2	18.4	19.7
H-3 / 0.35%	18/07/2023		7	10.0	20.1	19.9	

Tabla 22. Resultados de resistencia a la tracción a los 14 días

CODIGO	FECHA DE ELABORACION	DISEÑO f'c (kg/cm2)	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	RESISTENCIA A TRACCION (Kg/cm2)	Resistencia a Tracción promedio (Kg/cm2)
G-1 / PATRON	08/07/2023		14	9.9	20.1	25.4	
G-1 / PATRON	08/07/2023		14	10.1	19.9	28.3	27.2
G-1 / PATRON	08/07/2023		14	10.1	20.1	27.7	
H-1 / 0.15%	15/07/2023		14	10.1	19.9	23.3	
H-1 / 0.15%	15/07/2023		14	9.9	19.9	25.8	24.4
H-1 / 0.15%	15/07/2023	420	14	10.1	19.9	24.1	
H-2 / 0.25%	17/07/2023		14	10.1	20.1	27.5	
H-2 / 0.25%	17/07/2023		14	10.0	20.0	28.7	28.4
H-2 / 0.25%	17/07/2023		14	10.1	10.1	29.0	
H-3 / 0.35%	18/07/2023		14	9.9	20.0	24.5	
H-3 / 0.35%	18/07/2023		14	9.9	19.9	22.8	23.0
H-3 / 0.35%	18/07/2023		14	10.0	20.0	21.7	

Tabla 23. Resultados de resistencia a la tracción a los 28 días

CODIGO	FECHA DE ELABORACION	DISEÑO f'c (kg/cm2)	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	RESISTENCIA A TRACCION (Kg/cm2)	Resistencia a Tracción promedio (Kg/cm2)
G-1 / PATRON	08/07/2023		28	10.1	20.0	36.6	
G-1 / PATRON	08/07/2023		28	10.1	20.1	32.0	32.9
G-1 / PATRON	08/07/2023		28	10.0	19.9	30.2	
H-1 / 0.15%	15/07/2023		28	10.1	20.0	30.7	
H-1 / 0.15%	15/07/2023		28	9.9	20.0	27.1	29.4
H-1 / 0.15%	15/07/2023	420	28	10.1	20.0	30.2	
H-2 / 0.25%	17/07/2023		28	10.0	20.1	32.5	
H-2 / 0.25%	17/07/2023		28	10.0	19.9	32.9	33.19
H-2 / 0.25%	17/07/2023		28	9.9	20.0	34.1	
H-3 / 0.35%	18/07/2023		28	10.0	20.0	30.0	
H-3 / 0.35%	18/07/2023		28	10.1	20.0	25.4	28.5
H-3 / 0.35%	18/07/2023		28	9.9	19.9	30.0	

Resultados

Indicador VD1. Resistencia a la compresión

Tabla 24. Resumen de Ensayo a Compresión a los 7 días

Resistencia a compresión a los 7 días					
CODIGO	Probeta	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar	VARIACION EN RELACION AL PATRON (%)
G-1 / PATRON	M1	294.0	301.7	20.6	-
	M2	325.0			
	M3	286.0			
H-1 / 0.15% Hidrogel	M1	316.0	303.3	20.2	0.55%
	M2	314.0			
	M3	280.0			
H-2 / 0.25% Hidrogel	M1	261.0	319.0	58.0	5.75%
	M2	319.0			
	M3	377.0			
H-3 / 0.35% Hidrogel	M1	218.0	235.0	16.1	-22.10%
	M2	250.0			
	M3	237.0			

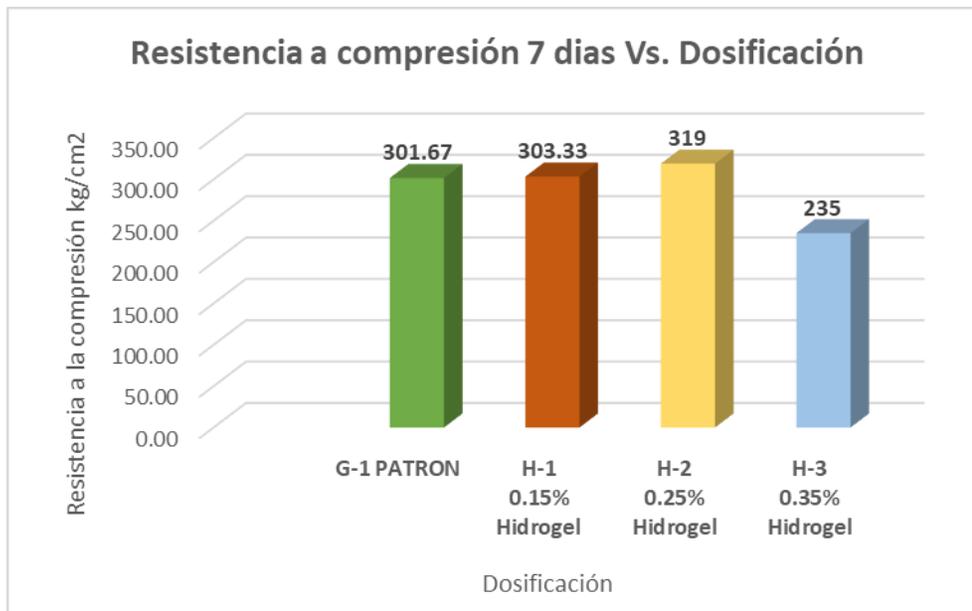


Figura 30. Gráfico de resistencia a la compresión a los 7 días Vs. Dosificación

De acuerdo a los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días, de la Tabla 24 y conforme el Gráfico 30, presenta una resistencia promedio para el grupo patrón (G-1) de 301.7 kg/cm², de esa forma, para los grupos experimentales (H-1, H-2 y H-3) presenta resistencias promedio de 303.3, 319.0 y 235 kg/cm² respectivamente, los valores de desviación estándar van de 16 a 58; asimismo, se muestra incrementos en los valores del grupo H-1 y H-2 con 0.55% y 5.75% respectivamente en relación al grupo patrón, en cambio el grupo H-3, muestra descenso de su valor en 22.10% del grupo patrón.

Tabla 25. Resumen de Ensayo a Compresión a los 14 días

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 14 DIAS					
CODIGO	Muestra	Resistencia (kg/cm²)	Media	Desviación estándar	VARIACION EN RELACION AL PATRON (%)
G-1 / PATRON	M1	321.0	337.7	14.5	-
	M2	347.0			
	M3	345.0			
H-1/ 0.15% Hidrogel	M1	337.0	325.0	31.7	-3.75%
	M2	349.0			
	M3	289.0			
H-2 / 0.25% Hidrogel	M1	348.0	342.3	22.1	1.38%
	M2	318.0			
	M3	361.0			
H-3 / 0.35% Hidrogel	M1	269.0	274.7	6.0	-18.66%
	M2	281.0			
	M3	274.0			

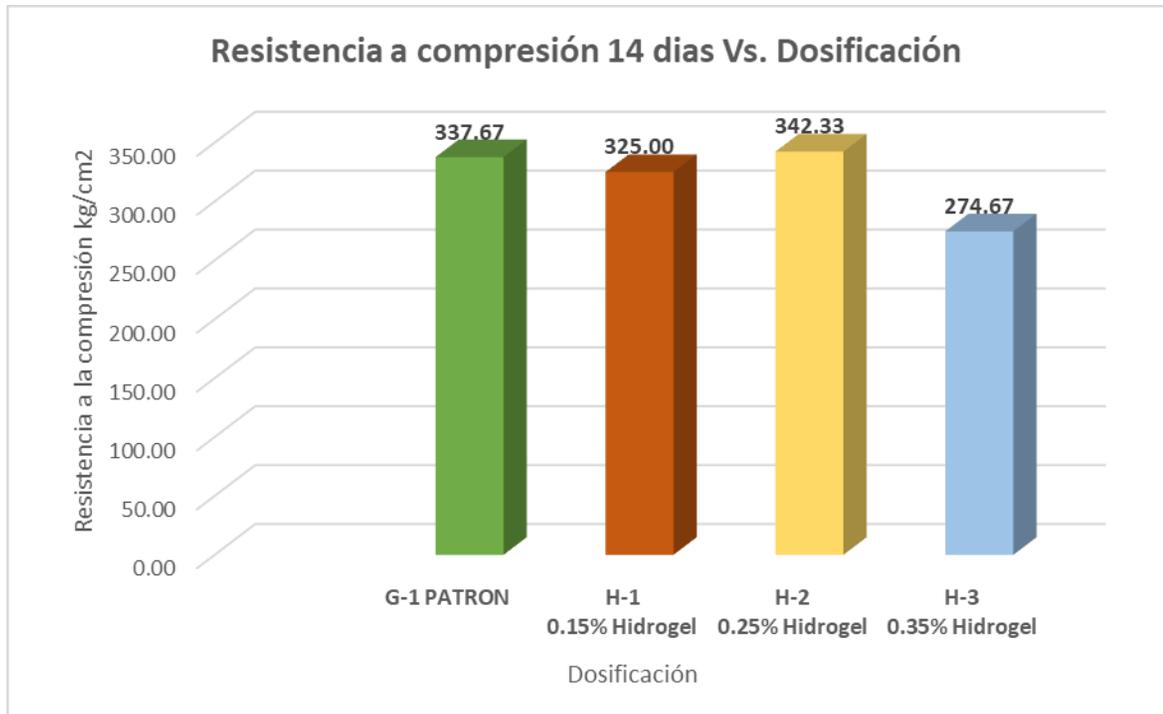


Figura 31. Gráfico de resistencia a la compresión a los 14 días Vs. Dosificación

De acuerdo a la Tabla 25, de resultados del desempeño a compresión a 14 días, y conforme el Gráfico 31, presenta una resistencia promedio para el grupo patrón (G-1) de 337.7 kg/cm², de esa forma, para los grupos experimentales (H-1, H-2 y H-3) presenta resistencias promedio de 325, 342.3 y 274.7 kg/cm² respectivamente, los valores de desviación estándar van de 6.0 a 31.7; asimismo, se muestra incremento del valor para el grupo H-2 con 1.38% del grupo patrón, caso contrario con el grupo H-1 y H-3, pues muestra reducción en los valores con 3.75% y 18.66% respectivamente en relación al grupo patrón.

Tabla 26. Resumen de Ensayo a Compresión a los 28 días

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS					
CODIGO	Muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar	VARIACION EN RELACION AL PATRON (%)
G-1 / PATRON	M1	438.0	421.0	19.3	-
	M2	400.0			
	M3	425.0			
H-1/ 0.15% Hidrogel	M1	352.0	374.7	23.0	-11.01%
	M2	374.0			
	M3	398.0			
H-2 / 0.25% Hidrogel	M1	380.0	423.0	40.7	0.48%
	M2	428.0			
	M3	461.0			
H-3 / 0.35% Hidrogel	M1	304.0	296.3	10.8	-29.61%
	M2	284.0			
	M3	301.0			

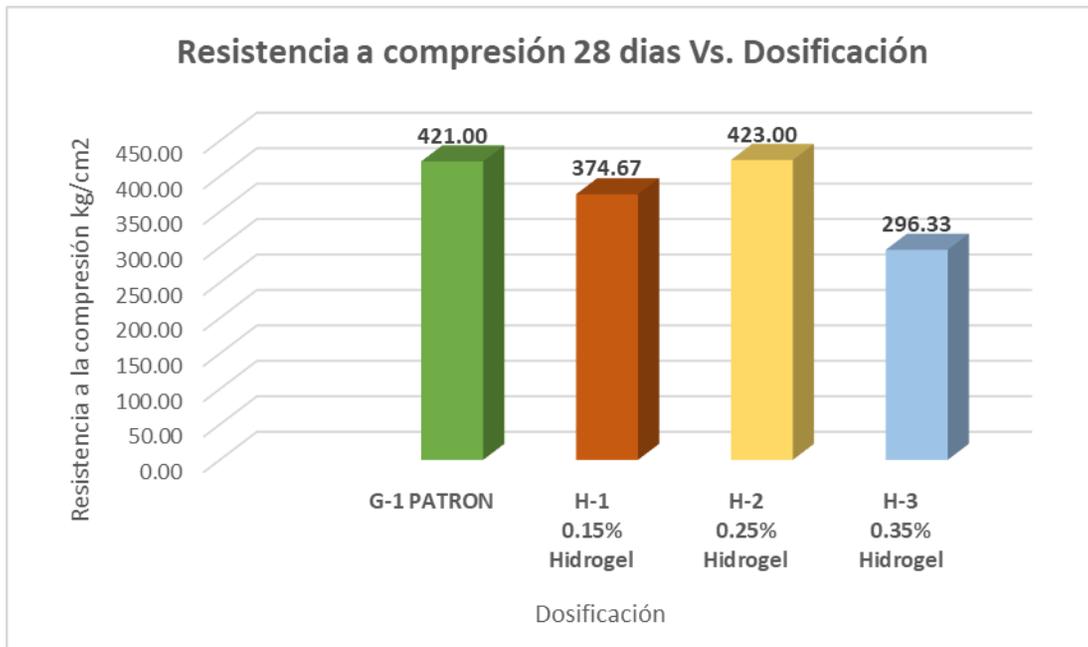


Figura 32. Gráfico de resistencia a la compresión a los 28 días Vs. Dosificación

De acuerdo a la Tabla 26, de resultados del desempeño mecánico a compresión a 28 días, y conforme el Gráfico 32, presenta una resistencia promedio para el grupo patrón

(G-1) de 421.0 kg/cm², de esa forma, para los grupos experimentales (H-1, H-2 y H-3) presenta resistencias promedio de 374.7, 423.0 y 296.3 kg/cm² respectivamente, los valores de desviación estándar van de 10.8 a 40.7; asimismo, se muestra incremento del valor para el grupo H-2 con 0.48% del grupo patrón, caso contrario con el grupo H-1 y H-3, pues muestra reducción en los valores con 11.01% y 29.61% respectivamente, comparado con el grupo patrón.

Tabla 27. Resumen de Ensayo a Compresión a los 7, 14 y 28 días

Resistencia a la compresión (kg/cm ²)				
Edad (días)	DOSIFICACION			
	G-1 Patrón	H-1 0.15% Hidrogel	H-2 0.25% Hidrogel	H-3 0.35% Hidrogel
7	301.66	303.33	319.00	235.00
14	337.66	325.00	342.33	274.66
28	421.00	374.66	423.00	296.33

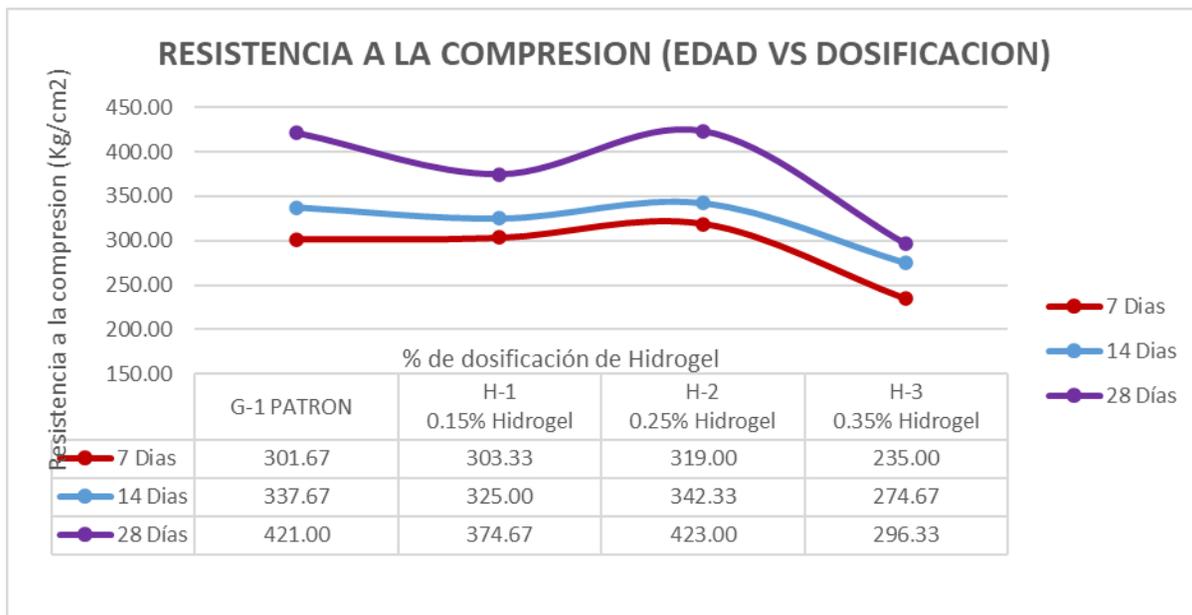


Figura 33. Gráfico de Dosificación Vs. resistencia a la compresión por edades

La presente investigación, conforme la Tabla 27, presenta los resultados finales del desempeño a compresión y según la figura 33, la evolución que presenta en las distintas

edades (7, 14 y 28 días) para cada dosificación, del grupo patrón (0% Hidrogel) y de los grupos experimentales (0.15%, 0.25% y 0.35% del peso de cemento).

Analizando los grupos de trabajo por edad, en primer lugar, a los 7 días, partiendo del valor de referencia del grupo patrón (G-1), presenta un ligero incremento para H-1 con 0.15%, de igual forma para H-2 con 0.25% presenta aumento más elevado, pero para H-3 con 0.35% muestra reducción del valor por debajo del patrón. Para 14 y 28 días presenta un comportamiento semejante, partiendo del G-1, primero se ve disminución en H-1, segundo incremento en H-2 y tercera reducción para H-3. Es decir, para resistencia a compresión, los valores más altos son del grupo H-2 con 0.25% de Hidrogel muy parecidas al patrón, así también los valores de H-1 y H-3 están por debajo, considerando a H-3 los valores más bajos, esto evaluado en referencia al grupo patrón (G-1).

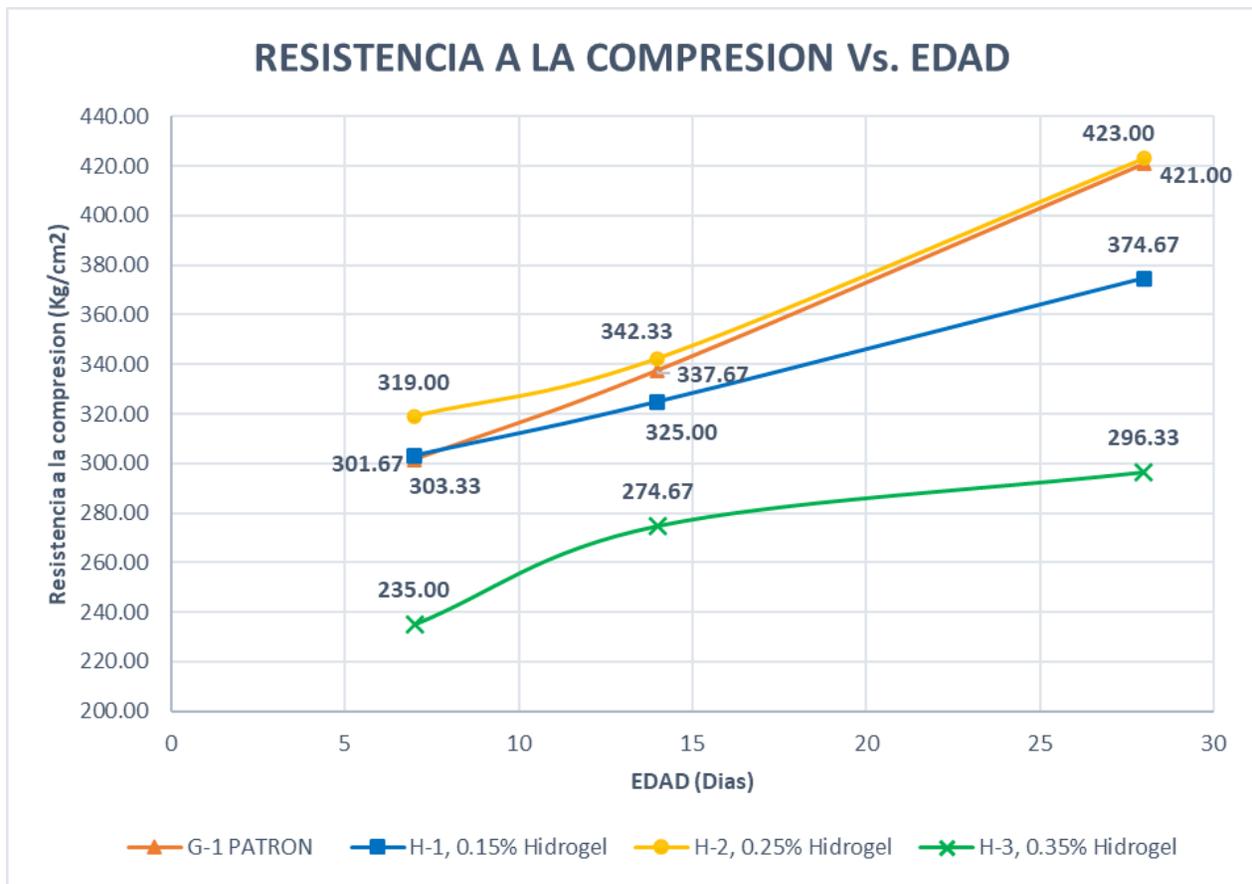


Figura 34. Gráfico de Edad vs. resistencia a compresión y % de incorporación

La figura 34, presenta las curvas de evolución de la resistencia a compresión para las 3 dosificaciones y cada edad; en general, muestra que los valores más altos de resistencia a compresión son del grupo H-2 con 0.25% Hidrogel, y los más bajos son del grupo H-3 con 0.35%, comparado con el grupo patrón.

Analizando los grupos de trabajo, en primer lugar, el grupo patrón G-1 con 0% presenta una evolución creciente y significativa para cada edad, partiendo de 301 kg/cm², 337 hasta 421 kg/cm² respectivamente; lo cual indica, que cumple con el diseño 420 kg/cm². En segundo lugar, el grupo experimental H-1 con 0.15% presenta una evolución apreciable y continua, partiendo de 303 kg/cm², 325 hasta 374 kg/cm² respectivamente; no obstante, no cumple con el diseño 420 kg/cm².

En tercer lugar, el grupo experimental H-2 con 0.25% también presenta una evolución creciente y significativa a cada edad, partiendo de 319 kg/cm², 342 hasta 423 kg/cm² respectivamente; lo cual indica que este grupo supera y cumple con el diseño 420 kg/cm². Finalmente, el grupo experimental H-3 con 0.35% presenta una evolución continua pero poco significativa a cada edad, partiendo de 235 kg/cm², 274 hasta 296 kg/cm² respectivamente; no obstante, no cumple con el diseño 420 kg/cm².

Con todo lo mencionado, se acepta la Hipótesis específica 1, pues la incorporación controlada de Hidrogel, mejora la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia $f'c=420$ kg/cm², así el grupo H-2 con 0.25% alcanzó los resultados más favorables en el desempeño mecánico de resistencia a la compresión del concreto en relación al grupo patrón, pero se rechaza para las dosificaciones de 0.15% y 0.35% puesto que se alcanzó resultados desfavorables, es decir, genero reducción de desempeño mecánico a compresión y pérdida de resistencia a compresión al incrementar el porcentaje de incorporación de Hidrogel a cantidades mayores a 0.25%.

Indicador VD2. Resistencia a Flexión

Tabla 28. Resumen de Ensayo a Flexión a los 28 días

RESISTENCIA A LA FLEXION A LOS 28 DIAS					
CODIGO	Probeta	MODULO DE ROTURA (kg/cm ²)	Media	Desviación estándar	VARIACION EN RELACION AL PATRON (%)
G-1 / PATRON	M1	43.3			
	M2	43.9	42.9	1.3	-
	M3	41.4			
H-1/ 0.15% Hidrogel	M1	36.7			
	M2	35.5	35.1	1.8	-18.04%
	M3	33.2			
H-2 / 0.25% Hidrogel	M1	42.5			
	M2	43.6	43.3	0.7	1.03%
	M3	43.9			
H-3 / 0.35% Hidrogel	M1	25.3			
	M2	25.8	28.0	4.3	-34.68%
	M3	32.9			

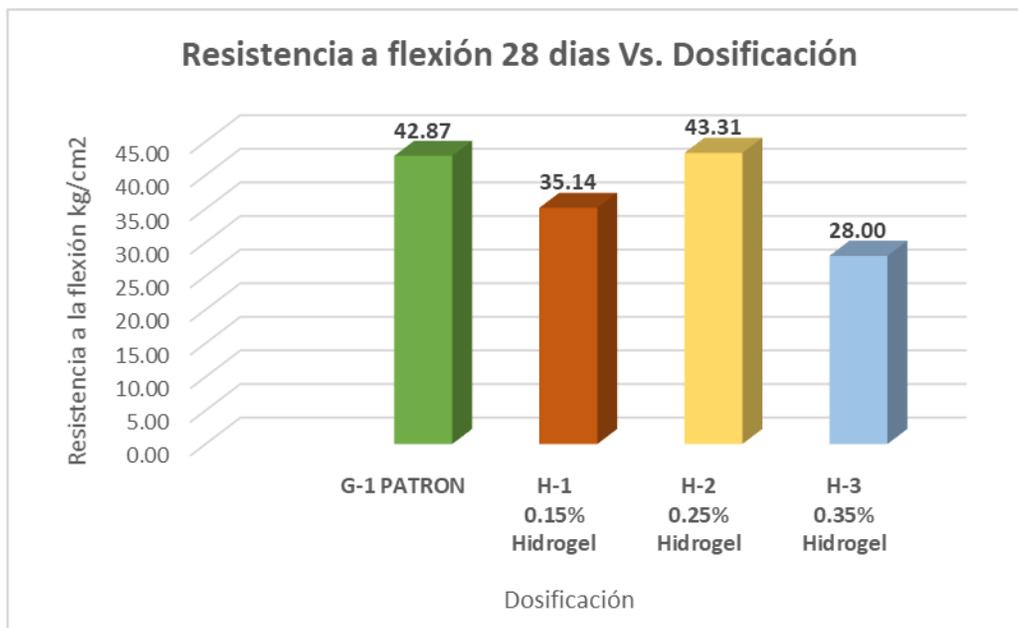


Figura 35. Gráfico de resistencia a la flexión a los 28 días Vs. Dosificación

De acuerdo a la Tabla 28, de resultados del desempeño mecánico a flexión a 28 días, y conforme al Gráfico 35, presenta una resistencia promedio para el grupo patrón (G-1) de 42.9 kg/cm², de esa forma, los grupos experimentales (H-1, H-2 y H-3) presenta resistencias promedio de 35.1, 43.3 y 28 kg/cm² respectivamente, los valores de desviación estándar van de 0.7 a 4.3; asimismo, se muestra incremento del valor para el grupo H-2 con 1.03% del grupo patrón, caso contrario con el grupo H-1 y H-3, pues muestra reducción en los valores con 18.04% y 34.68% respectivamente en relación al grupo patrón.

Tabla 29. Resumen de Ensayo a Flexión a 28 días

Resistencia a la flexión (Kg/cm ²)				
DOSIFICACION				
EDAD (días)	G-1 PATRON	H-1 0.15% Hidrogel	H-2 0.25% Hidrogel	H-3 0.35% Hidrogel
28	42.87	35.14	43.31	28.00

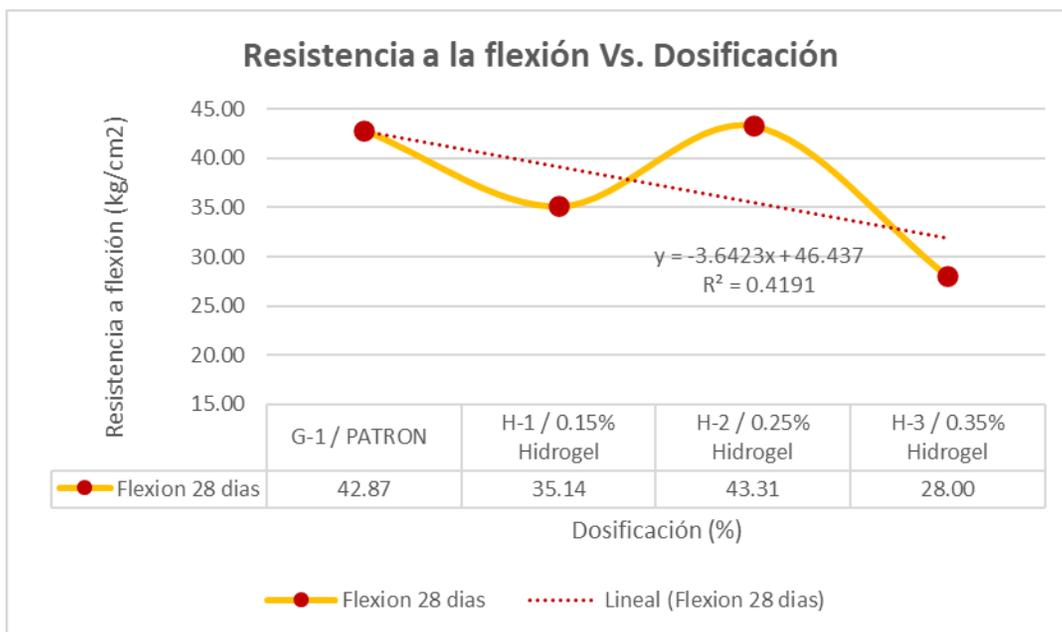


Figura 36. Gráfico de resistencia a flexión vs. Dosificación

La presente investigación, conforme la Tabla 29, presenta los resultados finales del desempeño a flexión a los 28 días y según la figura 36, para cada dosificación, del grupo patrón (0% Hidrogel) y de los grupos experimentales (0.15%, 0.25% y 0.35% del peso de cemento).

Analizando los grupos de trabajo, partiendo del grupo patrón G-1, con un valor módulo de rotura de 42.87 kg/cm^2 , el cual cumple con la resistencia requerida de diseño, primero analizamos el grupo H-1 con 0.15% que presenta disminución del valor del módulo de rotura a 35.14 kg/cm^2 , el cual no cumple con la resistencia requerida, continuando con el grupo H-2 de 0.25% presenta un incremento a 43.31 kg/cm^2 con un valor cercano y similar al del grupo patrón, el cual cumple con la resistencia requerida. Por otro lado, para el grupo H-3 con 0.35% muestra reducción del valor a 28.0 kg/cm^2 , que está por debajo del patrón y de igual forma no cumple con la resistencia requerida. En resumen, primero vemos un valor inicial del patrón, segundo una disminución, tercero un incremento y finalmente una reducción.

Con todo lo mencionado, se acepta la Hipótesis específica 2, pues la incorporación controlada de Hidrogel, favorece en la resistencia a flexión de un concreto de alta resistencia $f'c=420 \text{ kg/cm}^2$, así el grupo H-2 con 0.25% alcanzó los resultados más cercanos y favorables en el desempeño mecánico de resistencia a la flexión del concreto en relación al grupo patrón, pero se rechaza para las dosificaciones de 0.15% y 0.35% puesto que se alcanzó resultados desfavorables, es decir, genero reducción del desempeño mecánico a flexión y pérdida de la resistencia al incrementar el porcentaje de incorporación de Hidrogel a cantidades mayores a 0.25%.

Indicador VD3. Resistencia a Tracción

Tabla 30. Resumen de Ensayo a Tracción a los 7 días

RESISTENCIA A LA TRACCION A LOS 7 DIAS						
CODIGO	MUESTRA	RESISTENCIA (kg/cm2)	Media	Desviación estándar	VARIACION EN RELACION AL PATRON (%)	
G-1 / PATRON	M1	23.0				
	M2	24.7	23.5	1.0	-	
	M3	22.9				
H-1/ 0.15% Hidrogel	M1	22.1				
	M2	19.3	20.6	1.4	-12.31%	
	M3	20.5				
H-2 / 0.25% Hidrogel	M1	24.3				
	M2	23.8	24.1	0.3	2.31%	
	M3	24.1				
H-3 / 0.35% Hidrogel	M1	20.7				
	M2	18.4	19.7	1.2	-16.42%	
	M3	19.9				

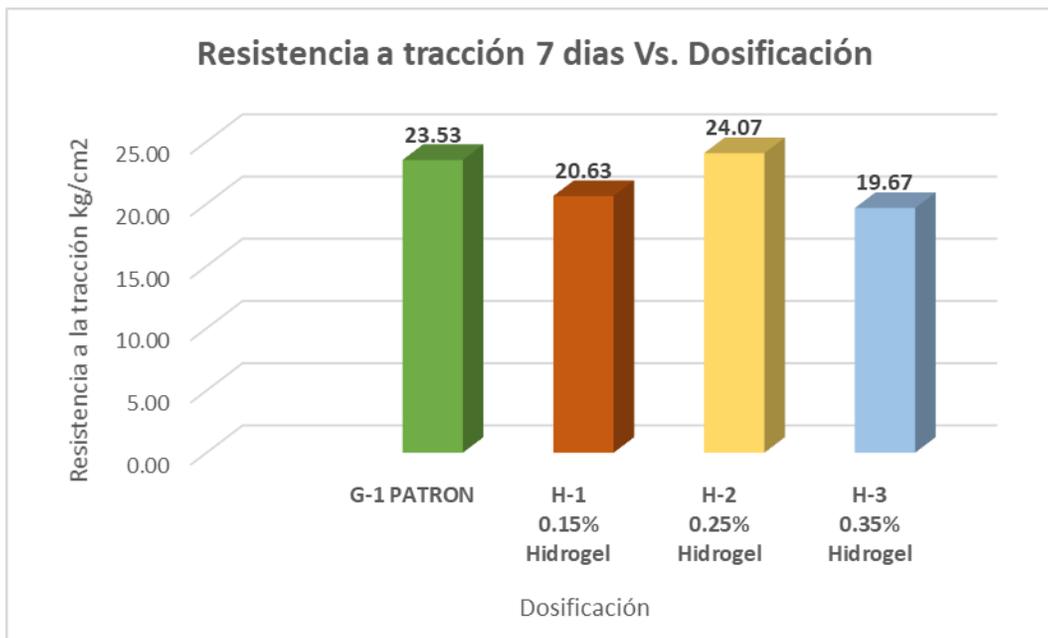


Figura 37. Gráfico de Dosificación Vs. resistencia a la tracción a los 7 días

De acuerdo a la Tabla 30, de resultados del desempeño mecánico a tracción a 7 días, y conforme al Gráfico 37, presenta una resistencia promedio para el grupo patrón (G-1) de 23.5 kg/cm², de esa forma, los grupos experimentales (H-1, H-2 y H-3) presenta resistencias promedio de 20.6, 24.1 y 19.7 kg/cm² respectivamente, los valores de desviación estándar van de 0.3 a 1.4; asimismo, se muestra incremento del valor para el grupo H-2 con 2.31% en relación al grupo patrón, caso contrario con los grupos H-1 y H-3, pues muestran disminución de sus valores con 12.31% y 16.42% respectivamente, en referencia del grupo patrón.

Tabla 31. Resumen de Ensayo a Tracción a los 14 días

RESISTENCIA A LA TRACCION A LOS 14 DIAS					
CODIGO	MUESTRA	RESISTENCIA (kg/cm²)	Media	Desviación estándar	VARIACION EN RELACION AL PATRON (%)
G-1 / PATRON	M1	25.4			
	M2	28.3	27.2	1.5	-
	M3	27.7			
H-1/ 0.15% Hidrogel	M1	23.3			
	M2	25.8	24.4	1.3	-10.06%
	M3	24.1			
H-2 / 0.25% Hidrogel	M1	27.5			
	M2	28.7	28.4	0.8	4.58%
	M3	29.0			
H-3 / 0.35% Hidrogel	M1	24.5			
	M2	22.8	23.0	1.4	-15.25%
	M3	21.7			

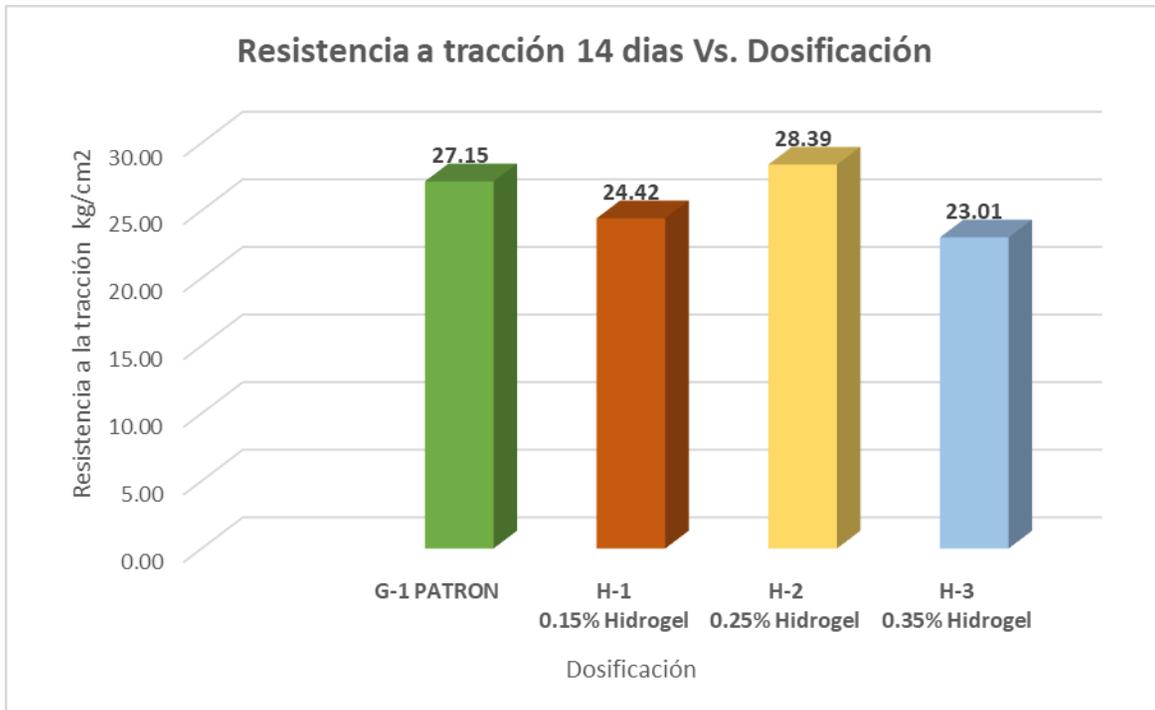


Figura 38. Gráfico de resistencia a la tracción a los 14 días Vs. Dosificación

De acuerdo a la Tabla 31, de resultados del desempeño mecánico a tracción a 7 días, y conforme al Gráfico 38, presenta una resistencia promedio para el grupo patrón (G-1) de 27.2 kg/cm², de esa forma, los grupos experimentales (H-1, H-2 y H-3) presenta resistencias promedio de 24.4, 28.4 y 23 kg/cm² respectivamente, los valores de desviación estándar van de 0.8 a 1.5; asimismo, se muestra incremento del valor para el grupo H-2 con 4.58% del grupo patrón, caso contrario con el grupo H-1 y H-3, pues muestran reducción en los valores con 10.06% y 15.25% respectivamente en relación al grupo patrón.

Tabla 32. Resumen de Ensayo a Tracción a los 28 días

RESISTENCIA A LA TRACCION A LOS 28 DIAS						
CODIGO	MUESTRA	RESISTENCIA (kg/cm2)	Media	Desviación estándar	VARIACION EN RELACION AL PATRON (%)	
G-1 / PATRON	M1	36.6				
	M2	32.0	32.9	3.3	-	
	M3	30.2				
H-1/ 0.15% Hidrogel	M1	30.7				
	M2	27.1	29.4	1.9	-10.84%	
	M3	30.2				
H-2 / 0.25% Hidrogel	M1	32.5				
	M2	32.9	33.2	0.8	0.81%	
	M3	34.1				
H-3 / 0.35% Hidrogel	M1	30.0				
	M2	25.4	28.5	2.7	-13.56%	
	M3	30.0				

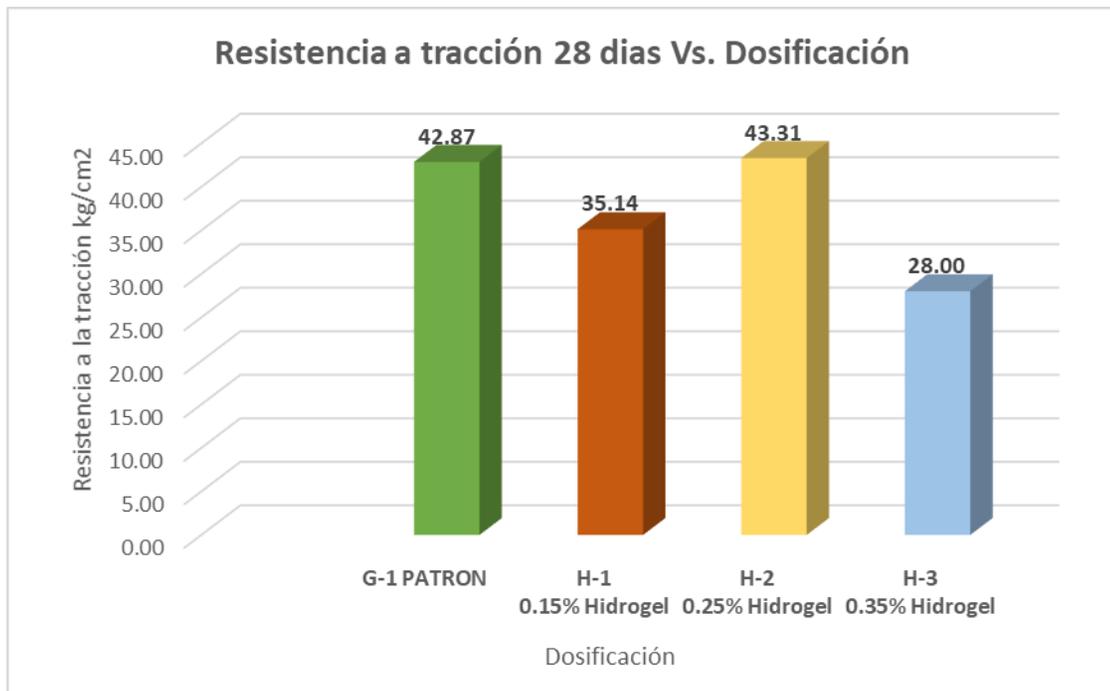


Figura 39. Gráfico de resistencia a la tracción a los 28 días Vs. Dosificación

De acuerdo a la Tabla 32, de resultados del desempeño mecánico a tracción a 7 días, y conforme al Gráfico 39, presenta una resistencia promedio para el grupo patrón (G-1) de 32.9 kg/cm², de esa forma, los grupos experimentales (H-1, H-2 y H-3) presenta resistencias promedio de 29.4, 33.2 y 28.5 kg/cm² respectivamente, los valores de desviación estándar van de 0.8 a 3.3; asimismo, se muestra incremento del valor para el grupo H-2 con 0.81% del grupo patrón, caso contrario con el grupo H-1 y H-3, pues muestran reducción en los valores con 10.84% y 13.56% respectivamente en comparación con el patrón.

Tabla 33. Resumen de Ensayo a Tracción a los 7, 14 y 28 días

Resistencia a la tracción (Kg/cm ²)				
DOSIFICACION				
EDAD (días)	G-1 / PATRON	H-1 / 0.15% Hidrogel	H-2 / 0.25% Hidrogel	H-3 / 0.35% Hidrogel
7	23.530	20.633	24.073	19.667
14	27.150	24.420	28.393	23.010
28	32.920	29.350	33.187	28.457

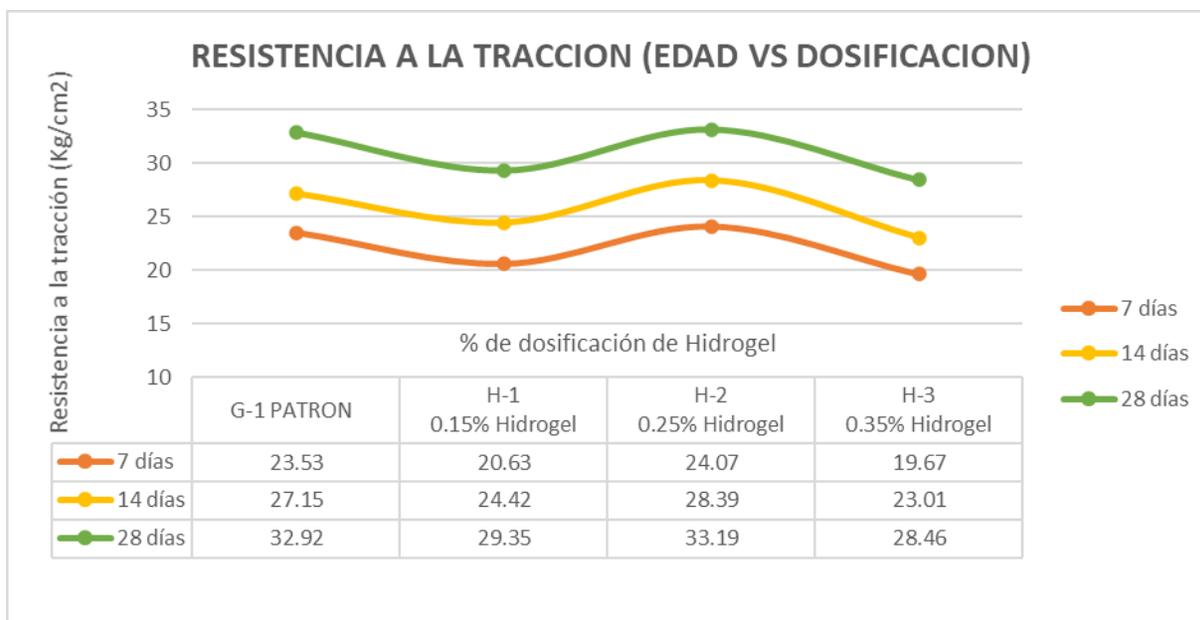


Figura 40. Gráfico de resistencia a la tracción por edades Vs. Dosificación

La presente investigación, conforme la Tabla 33, presenta los resultados finales del desempeño a tracción y según la figura 40, la evolución que presenta en las distintas edades (7, 14 y 28 días) para cada dosificación, del grupo patrón (0% Hidrogel) y de los grupos experimentales (0.15%, 0.25% y 0.35% del peso de cemento).

Analizando los grupos de trabajo por edad, en primer lugar, a los 7 días, partiendo del valor de referencia del grupo patrón (G-1), presenta reducción para H-1 con 0.15%, por otro lado, para H-2 con 0.25% presenta aumento, pero para H-3 con 0.35% muestra reducción del valor por debajo del patrón. Para 14 y 28 días presenta un comportamiento semejante, partiendo del G-1, primero se ve disminución en H-1, segundo incremento en H-2 y tercera reducción para H-3. En todos ellos, los valores más altos de resistencia a la tracción son del grupo H-2 con 0.25% de Hidrogel muy parecidas y cercanas al patrón, así también los valores de H-1 y H-3 están por debajo, considerando a H-3 los valores más bajos, esto evaluado en referencia al grupo patrón (G-1).

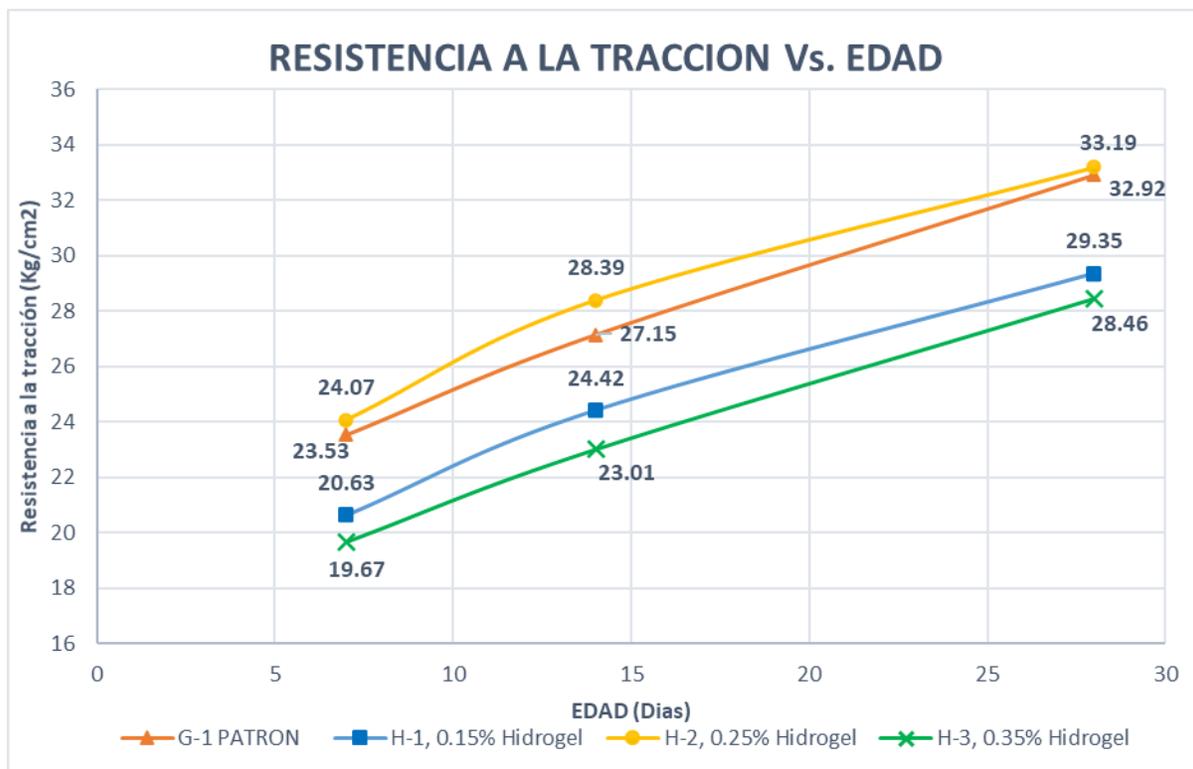


Figura 41. Gráfico de resistencia a tracción vs. Edad para cada % de incorporación

La figura 41, presenta las curvas de evolución de la resistencia a tracción para las 3 dosificaciones y cada edad; en general, muestra que los valores más altos de resistencia a tracción son del grupo H-2 con 0.25% Hidrogel, y los más bajos son del grupo H-3 con 0.35%, comparado con el grupo patrón. Tomando en cuenta la normatividad, donde se menciona que la resistencia a la tracción debe estar entre los límites de $1.59 * \sqrt{f'c}$ y $2.2 * \sqrt{f'c}$, teniendo la resistencia de diseño $f'c=420 \text{ kg/cm}^2$, se considera intervalos de 32.58 kg/cm^2 a 45.1 kg/cm^2 .

Analizando los grupos de trabajo, en primer lugar, el grupo patrón G-1 con 0% presenta una evolución creciente y significativa a cada edad, partiendo de 23.53 kg/cm^2 , 27.15 hasta 32.92 kg/cm^2 respectivamente; lo cual indica, que cumple con el límite mayor a 32.58 kg/cm^2 . En segundo lugar, el grupo experimental H-1 con 0.15% presenta una evolución apreciable y continua a cada edad, partiendo de 20.63 kg/cm^2 , 24.42 hasta 29.35 kg/cm^2 respectivamente; no obstante, este grupo no cumple con el límite mayor a 32.58 kg/cm^2 .

En tercer lugar, el grupo experimental H-2 con 0.25% también presenta una evolución creciente y significativa a cada edad, partiendo de 24.07 kg/cm^2 , 28.39 hasta 33.19 kg/cm^2 respectivamente; lo cual indica que este grupo supera y cumple con el límite mayor a 32.58 kg/cm^2 . Finalmente, el grupo experimental H-3 con 0.35% presenta una evolución continua pero poco significativa a cada edad, partiendo de 19.67 kg/cm^2 , 23.01 hasta 28.46 kg/cm^2 respectivamente; no obstante, este grupo no cumple con el límite mayor a 32.58 kg/cm^2 .

Con todo lo mencionado, se acepta la Hipótesis específica 3, pues la incorporación controlada de Hidrogel, mejora la resistencia a la tracción de un concreto de alta resistencia $f'c=420 \text{ kg/cm}^2$, así el grupo H-2 con 0.25% alcanzó los resultados más favorables en el desempeño mecánico de resistencia a la tracción del concreto en relación al grupo patrón, pero se rechaza para las dosificaciones de 0.15% y 0.35% puesto que se alcanzó resultados desfavorables, es decir, genero reducción en los valores de resistencia a la tracción y pérdida de la resistencia a tracción al incrementar el porcentaje de incorporación de Hidrogel a cantidades mayores a 0.25%.

Contraste de Hipótesis:

Análisis estadístico de la resistencia a la compresión (7, 14 y 28 días)

Determinación de la normalidad:

Iniciamos, delimitando los datos, si presentan una distribución normal, a través de la prueba Shapiro – Wilk, ya que los datos son < 50 . Seguidamente, formulamos las hipótesis:

H0: Los datos de resistencia a la compresión presentan normalidad.

H1: Los datos de resistencia a la compresión **no** presentan normalidad.

Seleccionamos el nivel de significancia:

Consideramos al 5%, $\alpha=0.05$; con la regla de decisión: Si $\alpha < \text{Sig}(\rho)$, se acepta la hipótesis nula, caso contrario, $\alpha > \text{Sig}(\rho)$, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 34. Prueba de normalidad Shapiro - Wilk de resistencia a la compresión

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
Dosificación		Estadístico	# datos	ρ	Estadístico	# datos	ρ
Resistencia_Compresión_7días	0.0% Hidrogel	,312	3	.	,896	3	,373
	0.15% Hidrogel	,368	3	.	,792	3	,094
	0.25% Hidrogel	,175	3	.	1,000	3	1,000
	0.35% Hidrogel	,216	3	.	,988	3	,794
Resistencia_Compresión_14días	0.0% Hidrogel	,361	3	.	,807	3	,132
	0.15% Hidrogel	,314	3	.	,893	3	,363
	0.25% Hidrogel	,268	3	.	,950	3	,571
	0.35% Hidrogel	,211	3	.	,991	3	,817
Resistencia_Compresión_28días	0.0% Hidrogel	,249	3	.	,968	3	,656
	0.15% Hidrogel	,178	3	.	,999	3	,952
	0.25% Hidrogel	,216	3	.	,989	3	,797
	0.35% Hidrogel	,334	3	.	,860	3	,266

De acuerdo con la tabla 34, la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk al 95% de confianza estadística, muestra los valores $p > 0.05$, es decir aceptamos la hipótesis nula, entonces decimos que los datos para resistencia a compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días presenta normalidad en todos los grupos patrón y experimental con incorporación de Hidrogel.

Selección de la prueba estadística:

Al tener normalidad en los datos, elegimos la prueba paramétrica correlación de Pearson, luego formulamos nuestra hipótesis nula (H0) y alterna (H1)

Ho: La variación de las medianas de la resistencia a compresión **no** presenta relación con la incorporación Hidrogel.

H1: La variación de las medianas de la resistencia a compresión **si** presenta relación con la incorporación Hidrogel.

Seleccionamos el nivel de significancia:

Consideramos al 5%, $\alpha=0.05$; con la regla de decisión: Si $\alpha < \text{Sig} (p)$, se acepta la hipótesis nula, caso contrario, $\alpha > \text{Sig} (p)$, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 35. *Correlación de Pearson en resistencia a compresión con dosificación*

		Correlaciones		
		Resistencia Compresión 7días	Resistencia Compresión 14días	Resistencia Compresión 28días
Dosificación	Coeficiente (r)	-,487	-,603*	-,656*
	ρ (bilateral)	,012	,038	,021
	# datos	12	12	12

De acuerdo a la tabla 35, la prueba correlación de Pearson al 95% de confianza estadística, muestra que los valores $p < 0.05$, es decir rechazamos la hipótesis nula, por lo cual decimos que la variación de las medianas de resistencia a compresión **si** presenta relación con la incorporación Hidrogel, asimismo, las variables presentan una correlación inversa significativa, con el valor del coeficiente de Pearson $r = -0.487, -0.603, -0.656$.

Análisis estadístico de la resistencia a la flexión (28 días)

Determinación de la normalidad:

Iniciamos, delimitando los datos, si presentan una distribución normal, a través de la prueba Shapiro – Wilk, ya que los datos son < 50 . Seguidamente, formulamos las hipótesis:

H0: Los datos de resistencia a la flexión presentan normalidad.

H1: Los datos de resistencia a la flexión **no** presentan normalidad.

Seleccionamos el nivel de significancia:

Consideramos al 5%, $\alpha=0.05$; con la regla de decisión: Si $\alpha < \text{Sig}(\rho)$, se acepta la hipótesis nula, caso contrario, $\alpha > \text{Sig}(\rho)$, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 36 . Prueba de normalidad Shapiro - Wilk de resistencia a la flexión

Dosificación		Pruebas de normalidad					
		Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	# datos	ρ	Estadístico	# datos	ρ
Resistencia_Flexión_28 días	0% Hidrogel	,297	3	.	,917	3	,443
	0.15% Hidrogel	,248	3	.	,968	3	,657
	0.25% Hidrogel	,238	3	.	,976	3	,702
	0.35% Hidrogel	,214	3	.	,989	3	,803

De acuerdo con la tabla 36, la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk al 95% de confianza estadística, muestra los valores $\rho > 0.05$, es decir aceptamos la hipótesis nula, entonces decimos que los datos para resistencia a flexión presentan normalidad en todos los grupos patrón y experimental con incorporación de Hidrogel.

Selección de la prueba estadística:

Al tener normalidad en los datos, elegimos la prueba paramétrica correlación de Pearson, luego formulamos nuestra hipótesis nula (H0) y alterna (H1)

Ho: La variación de las medianas de la resistencia a flexión **no** presenta relación con la incorporación Hidrogel

H1: La variación de las medianas de la resistencia a flexión **si** presenta relación con la incorporación Hidrogel

Seleccionamos el nivel de significancia:

Consideramos al 5%, $\alpha=0.05$; con la regla de decisión: Si $\alpha < \text{Sig}(\rho)$, se acepta la hipótesis nula, caso contrario, $\alpha > \text{Sig}(\rho)$, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 37. *Correlación de Pearson en resistencia a flexión con dosificación*

Correlaciones	
Resistencia Flexión 28 días	
Dosificación	Coeficiente (r) -,697*
	ρ (bilateral) ,012
	# datos 12

De acuerdo a la tabla 37, la prueba correlación de Pearson al 95% de confianza estadística, muestra que los valores $\rho < 0.05$, es decir rechazamos la hipótesis nula, por lo cual decimos que la variación de las medianas de resistencia a flexión **si** presenta relación con la incorporación Hidrogel, asimismo, las variables presentan una correlación inversa significativa, por el coeficiente $r = -0.697$ de Pearson.

Análisis estadístico de la resistencia a la tracción (7, 14 y 28 días)

Determinación de la normalidad:

Iniciamos, delimitando los datos, si presentan una distribución normal, a través de la prueba Shapiro – Wilk, ya que los datos son < 50 . Seguidamente, formulamos las hipótesis:

H0: Los datos de resistencia a la tracción presentan normalidad.

H1: Los datos de resistencia a la tracción **no** presentan normalidad.

Seleccionamos el nivel de significancia:

Consideramos al 5%, $\alpha=0.05$; con la regla de decisión: Si $\alpha < \text{Sig}(\rho)$, se acepta la hipótesis nula, caso contrario, $\alpha > \text{Sig}(\rho)$, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 38. Prueba de normalidad Shapiro - Wilk de resistencia a la tracción

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Dosificación		Estadístico	# datos	ρ	Estadístico	# datos	ρ
Resistencia_Tracción_7 días	0% Hidrogel	,368	3	.	,792	3	,094
	0.15% Hidrogel	,204	3	.	,993	3	,843
	0.25% Hidrogel	,219	3	.	,987	3	,780
	0.35% Hidrogel	,246	3	.	,970	3	,668
Resistencia_Tracción_14 días	0% Hidrogel	,311	3	.	,897	3	,377
	0.15% Hidrogel	,260	3	.	,959	3	,609
	0.25% Hidrogel	,314	3	.	,893	3	,363
	0.35% Hidrogel	,223	3	.	,985	3	,765
Resistencia_Tracción_28 días	0% Hidrogel	,278	3	.	,940	3	,527
	0.15% Hidrogel	,338	3	.	,852	3	,246
	0.25% Hidrogel	,292	3	.	,923	3	,463
	0.35% Hidrogel	,385	3	.	,750	3	,090

De acuerdo con la tabla 38, la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk al 95% de confianza estadística, muestra los valores $\rho > 0.05$, entonces decimos que los datos para resistencia a tracción presentan normalidad en todos los grupos patrón y experimental con incorporación de Hidrogel, es decir, aceptamos la hipótesis nula.

Selección de la prueba estadística:

Al tener normalidad en los datos, elegimos la prueba paramétrica correlación de Pearson, luego formulamos nuestra hipótesis nula (H0) y alterna (H1)

Ho: La variación de las medianas de la resistencia a tracción **no** presenta relación con la incorporación Hidrogel.

H1: La variación de las medianas de la resistencia a tracción **si** presenta relación con la incorporación Hidrogel.

Seleccionamos el nivel de significancia:

Consideramos al 5%, $\alpha=0.05$; con la regla de decisión: Si $\alpha < \text{Sig}(\rho)$, se acepta la hipótesis nula, caso contrario, $\alpha > \text{Sig}(\rho)$, se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 39. *Correlación de Pearson en resistencia a tracción con dosificación*

		Correlaciones		
		Resistencia	Resistencia	Resistencia
		Tracción 7días	Tracción 14días	Tracción 28días
Dosificación	Coeficiente (r)	-,444	-,394	-,375
	ρ (bilateral)	,048	,041	,030
	# datos	12	12	12

De acuerdo a la tabla 39, la prueba de correlación de Pearson al 95% de confianza estadística, muestra que los valores $p > 0.05$, es decir, rechazamos la hipótesis nula, por lo cual decimos que la variación de las medianas de resistencia a tracción si presenta relación con la incorporación Hidrogel, asimismo, las variables presentan una correlación inversa significativa, por el coeficiente Pearson $r = -0.444, -0.394, -0.375$.

es decir aceptamos la hipótesis nula, por lo cual decimos que la variación de las medianas de resistencia a compresión **no** presenta relación con la incorporación Hidrogel, asimismo, las variables presentan una correlación inversa poco significativa, con el valor del coeficiente de.

V. DISCUSIONES:

Resistencia a la compresión:

Conforme a la tabla 27, se obtuvo del grupo patrón una resistencia de 421 kg/cm² a los 28 días, de esa forma, considerando los grupos experimentales, se tiene el grupo H-2 (0.25% Hidrogel) con los valores más favorables y cercanos, alcanzando 423 kg/cm², superando al patrón en 0.48%; mientras que para los grupos H-1 (0.15% Hidrogel) y H-3 (0.35% Hidrogel) con 374.66 kg/cm² y 296.33 kg/cm², alcanzaron valores por debajo del patrón en 11.01% y 29.61% respectivamente.

Estos resultados, van relacionados a la cinética de absorción del Hidrogel, en referencia, Arredondo (2019), menciona que la dosificación o cantidad de SAP influye directamente en el aumento o pérdida del desempeño mecánico a compresión, de igual forma, la cantidad de agua adicionada para que el SAP realice el curado interno. Así también, Letchman (2016), destaca en su estudio, un cierto incremento de resistencia a compresión en cierta medida, al incorporar Hidrogel en porcentajes menores a 0.3% y al incrementar el porcentaje se genera pérdidas de la resistencia a compresión.

En consecuencia, el grupo H-1, por la cantidad de Hidrogel incorporado, no consigue absorber por completo el agua destinada para el curado interno, esto varía la a/c de diseño generando pérdida de la resistencia; por otro lado, el grupo H-3 también presenta pérdida de la resistencia, debido a la presencia de poros en demasía, generando un mayor volumen de vacíos al liberar el agua del Hidrogel para el curado interno. Caso contrario sucede con el grupo H-2, pues muestra un comportamiento de equilibrio, en el cual no adiciona agua al a/c ni presenta un exceso de volumen de vacíos. A pesar de los resultados bajos, se mostró resultados positivos con el desempeño gradual del Hidrogel en el curado interno, lo cual disminuyó el agrietamiento de los especímenes y al ser ensayados no presentó disgregación.

Con lo mencionado, los resultados obtenidos presentan concordancia y similitud con los antecedentes mencionados; entonces, podemos decir que una dosificación controlada de Hidrogel al 0.25%, influye favorablemente en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia, también que al tener incrementos mayores a 0.25% de Hidrogel se genera pérdida en el desempeño mecánico a compresión.

De igual manera, viendo el análisis paramétrico correlación de Pearson (Tabla 35), con nivel de significancia al 5% ($\alpha=0.05$), decimos que las variables de incorporación de Hidrogel (0.15%, 0.25% y 0.35%) y la resistencia a compresión (7, 14 y 28 días), presentan una correlación inversa y significativa, mostrada en la tabla con el valor del coeficiente de Pearson de $r= -0.487, -0.603, -0.656$.

Resistencia a la flexión:

Conforme a la tabla 29, se obtuvo del grupo patrón una resistencia de 42.87 kg/cm² a los 28 días, de esa forma, considerando los grupos experimentales, se tiene el grupo H-2 (0.25% Hidrogel) con los valores más favorables, alcanzando 43.31 kg/cm², superando al patrón en 1.03%; mientras que para los grupos H-1 (0.15% Hidrogel) y H-3 (0.35% Hidrogel) con 35.14 kg/cm² y 28.00 kg/cm², alcanzaron valores por debajo del patrón en 18.04% y 34.68% respectivamente.

Una tendencia baja del concreto es la resistencia a flexo tracción, por ello es considerado un material frágil a raíz de su poca capacidad para resistir deformaciones. Por ese motivo, se analizó la resistencia a flexión en especímenes prismáticos (vigas). En referencia, Paricaguan y Muñoz (2019), obtuvieron resultados donde evidencian reducción del módulo de rotura en vigas, al añadir fibras de bagazo de caña de azúcar mayores al 1%, debido a la poca adherencia con la matriz y la probable absorción de humedad de las fibras según se aumenta la cantidad, estos factores generaron los valores bajos de resistencia.

Así también, Rodríguez y Torres (2019), destaca en su investigación la incorporación de los polímeros en las mezclas de concreto, mencionando que favorecen el comportamiento mecánico del concreto, al cumplir la función de refuerzo químico.

Por lo tanto, el comportamiento del grupo H-2 es admisible, pues muestra un comportamiento de equilibrio, en el cual no adiciona agua al a/c ni presenta un exceso de volumen de vacíos, así los valores obtenidos están dentro del rango de aceptación del valor de diseño, que va entre 10% – 20% del $f'c$; por otro lado, el comportamiento de los grupos experimentales H-1 y H-3, está relacionado con la cantidad de Hidrogel, por la cinética de absorción y la presencia de poros que genera una mayor cantidad de volumen de vacíos según se incrementa el % de Hidrogel, lo cual reduce la resistencia a

flexión y genera pérdidas del valor del módulo de rotura por debajo del grupo patrón. A pesar de los resultados bajos, se mostraron resultados positivos con el desempeño gradual del Hidrogel en el curado interno, lo cual disminuyó el agrietamiento de los especímenes y al ser ensayados no presentaron disgregación.

Con lo mencionado, los resultados obtenidos presentan concordancia y similitud con los antecedentes mencionados; entonces, podemos decir que una dosificación controlada de Hidrogel al 0.25%, genera un efecto favorable en resistencia a flexión del concreto de alta resistencia, así también que al tener incrementos mayores a 0.25% de Hidrogel se genera pérdidas notables en la resistencia a la flexión.

De igual manera, viendo los resultados del análisis paramétrico correlación de Pearson (Tabla 37), con nivel de significancia al 5% ($\alpha=0.05$), decimos que las variables de incorporación de Hidrogel (0.15%, 0.25% y 0.35%) y la resistencia a flexión (28 días), presentan una correlación inversa y significativa, con $r = - 0.697$, coeficiente de Pearson.

Resistencia a la tracción:

Conforme a la tabla 33, se obtuvo del grupo patrón una resistencia de 32.92 kg/cm² a los 28 días, de esa forma, considerando los grupos experimentales, se tiene el grupo H-2 (0.25% Hidrogel) con los valores más favorables y similares, alcanzando 33.19 kg/cm², superando al patrón en 0.81%; mientras que para los grupos H-1 (0.15% Hidrogel) y H-3 (0.35% Hidrogel) con 29.35 kg/cm² y 28.46 kg/cm², alcanzaron valores por debajo del patrón en 10.84% y 13.56% respectivamente.

Una tendencia baja del concreto es la resistencia a flexo tracción, por ello es considerado un material frágil a raíz de su poca capacidad para resistir deformaciones. Por ese motivo, se analizó el desempeño mecánico a tracción. En referencia, Chunga (2018), obtuvo resultados donde evidencian que al añadir fibras de bagazo de caña al 0.5% y 1%, incrementa el desempeño a tracción, con valores de 33.67 kg/cm² y 32.15 kg/cm² respectivamente, mientras con 1.5% se ve reducción a 28.89 kg/cm² respecto al grupo patrón con 30.98 kg/cm². Esto debido a la poca adherencia con la matriz y la probable absorción de humedad de las fibras según se aumenta la cantidad, estos factores generaron los valores bajos de resistencia.

Así también, Rodríguez y Torres (2019), destaca en su investigación la incorporación de los polímeros en las mezclas de concreto, mencionando que favorecen el comportamiento mecánico del concreto, al cumplir la función de refuerzo químico.

Por lo tanto, el comportamiento del grupo H-1, es debido a que la cantidad de Hidrogel incorporado, no consigue absorber por completo el agua destinada para el curado interno, esto varia la a/c de diseño generando pérdida de la resistencia; por otro lado, el grupo H-3 también presenta pérdida de la resistencia, debido a la presencia de poros en demasía, generando un mayor volumen de vacíos al liberar el agua del Hidrogel para el curado interno. Caso contrario sucede con el grupo H-2, pues muestra un comportamiento de equilibrio, en el cual no adiciona agua al a/c ni presenta un exceso de volumen de vacíos. A pesar de los resultados bajos, se mostraron resultados positivos con el desempeño gradual del Hidrogel en el curado interno, lo cual disminuyó el agrietamiento de los especímenes y al ser ensayados no presentaron disgregación.

Con lo mencionado, los resultados obtenidos presentan concordancia y similitud con los antecedentes mencionados; entonces, podemos decir que una dosificación controlada de Hidrogel al 0.25%, influye favorablemente en la resistencia a tracción del concreto de alta resistencia, también que al tener incrementos mayores a 0.25% de Hidrogel se genera pérdidas notables en la resistencia a tracción.

De igual manera, viendo los resultados del análisis paramétrico correlación de Pearson (Tabla 39), con nivel de significancia al 5% ($\alpha=0.05$), decimos que las variables de incorporación de Hidrogel (0.15%, 0.25% y 0.35%) y resistencia a tracción, no presentan una correlación significativa pero si inversa, mostrada en la tabla con el valor del coeficiente de Pearson de $r= -0.444, -0.394, -0.375$.

VI. CONCLUSIONES:

En el presente trabajo de investigación, se estableció que la incorporación controlada de Hidrogel, mejora las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420$ kg/cm², para elementos estructurales. Dentro del cual muestra influencia positiva y correlativa en las pruebas mecánicas del desempeño a compresión, flexión y tracción.

Se evaluó la resistencia a la compresión, con la incorporación de Hidrogel en un concreto de alta resistencia $f'c=420$ kg/cm², mediante los resultados obtenidos y el respectivo análisis, se estableció que la incorporación controlada de Hidrogel al 0.25% influye favorablemente en la resistencia a compresión, presentando los resultados más altos y superando al del grupo patrón, en el cual muestra mejoras en el desempeño mecánico a compresión. Asimismo, la prueba paramétrica correlación de Pearson, evidenció que existe correlación entre las variables de manera inversa y significativa, es decir existe variación de la resistencia a la compresión del concreto con la incorporación de Hidrogel, por lo que se aprueba la hipótesis planteada.

Se evaluó la resistencia a la flexión, con la incorporación de Hidrogel en un concreto de alta resistencia $f'c=420$ kg/cm², mediante los resultados obtenidos y el respectivo análisis, se estableció que la incorporación controlada de Hidrogel al 0.25% genera un efecto favorable en la resistencia a flexión, presentando los resultados más altos y superando al del grupo patrón, en el cual muestra incremento del módulo de rotura para el desempeño mecánico a flexión. Asimismo, la prueba paramétrica correlación de Pearson, evidenció la existencia de correlación entre las variables de manera inversa y significativa, es decir, con la incorporación de Hidrogel existe variación de la resistencia a flexión; por lo que se aprueba la hipótesis planteada en esta investigación.

Se evaluó la resistencia a la tracción, con la incorporación de Hidrogel en un concreto de alta resistencia $f'c=420$ kg/cm², mediante los resultados obtenidos y el respectivo análisis, se estableció que la incorporación controlada de Hidrogel al 0.25% influye favorablemente en la resistencia a tracción, presentando los mejores resultados y

superior al del grupo patrón, desarrollando mejoras en el desempeño mecánico a tracción. Asimismo, la prueba paramétrica correlación de Pearson, evidenció la no existencia de correlación entre las variables de manera significativa, es decir, con la incorporación de Hidrogel no presenta variación de la resistencia a la flexión; por lo que se aprueba la hipótesis planteada en esta investigación.

En base a los ensayos mecánicos desarrollados: resistencia a compresión, flexión y tracción; los resultados obtenidos evidenciaron, que la incorporación de Hidrogel debe ser controlada, siendo el porcentaje óptimo de 0.25% del peso del cemento, ya que este grupo presenta los resultados más favorables y genera mayores incrementos de la resistencia en relación al grupo patrón, entonces podemos decir que la correcta dosificación de Hidrogel debe estar en el rango de 0.2% a 0.3% del peso del cemento.

Con los resultados de las pruebas mecánicas: compresión, tracción y flexión; se determina que la incorporación de Hidrogel en porcentajes mayores a 0.25% del peso del cemento, generan pérdidas notables de los valores de resistencia a flexión, compresión, y tracción, es decir, presenta una relación inversa, mientras se incrementa el % de Hidrogel se va reduciendo la resistencia mecánica.

VII. RECOMENDACIONES:

- Se sugiere evaluar el desempeño mecánico a compresión, flexión y tracción, con tiempos mayores, como 42 y 56 días, en vista que las resistencias iniciales obtenidas son bajas en los grupos experimentales y puede presentar incremento de la resistencia mecánica a mayor edad de ensayo.
- Se recomienda desarrollar la investigación y evaluación, en otra presentación de Hidrogel, como polvo fino, y examinar su efecto sobre el desempeño mecánico de un concreto de resistencia elevada, lo cual evitaría el exceso de volumen de vacíos.
- Como futura línea de investigación, se recomienda realizar el estudio enfocado en el proceso de curado interno, considerando un grupo con curado en condiciones controladas, y otro grupo en el cual se realice curado a la intemperie, lo cual nos podrá mostrar los resultados más óptimos y favorables.
- Para posteriores investigaciones, se sugiere, examinar el efecto del Hidrogel en reducir fisuras, en estado endurecido del concreto, aplicándolo a losas aligeradas, visto que el Hidrogel desarrollo un desempeño gradual en el curado interno, en los especímenes de concreto obtenidos, lo cual disminuyó el agrietamiento y al ser ensayados no presento disgregación.
- Se sugiere realizar ensayos físicos para establecer el efecto del Hidrogel incorporado en un concreto de alta resistencia, principalmente el tiempo de fraguado, exudación, absorción, entre otros; para complementar los resultados de la investigación.
- Como parte de continuar el estudio, se sugiere realizar el estudio con la adición de otras sustancias químicas en combinación con el Hidrogel, que ayuden a mitigar las pérdidas de resistencia.
- Se recomienda adquirir el polímero superabsorbente Hidrogel de una empresa certificada y que presente la ficha técnica respectiva del producto, asimismo, el almacenamiento del producto debe ser en ambientes seco, que no presente humedad y una vez abierto el empaque, se debe guardar de forma hermética.

REFERENCIAS

ACI COMMITTEE. *Materials for Concrete Construction*. ACI E701: 2006. Nueva Orleans, LA: ACI COMMITTEE, 2006, pp. 55. Disponible en: https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/E1_07.PDF

ARREDONDO, Kelly. 2019. *Efectos del uso de polímeros superabsorbentes (SAP) como agente de curado interno en el desempeño mecánico y la durabilidad del concreto*. Tesis (Título de Ingeniera civil). Antioquia, Colombia: Universidad EIA, 2019. 109 pp. Disponible en: <http://repository.eia.edu.co/handle/11190/2520>

AUJAPUCLLA, Bonner y NORIEGA, Paul. 2019. *Diseño de un concreto liviano de alta resistencia incorporando poliestireno expandido, Lima 2019*. Tesis (Título de Ingeniero civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. 193 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/52243>

BRAVO, Juan y SALDAÑA, Luis. 2021. *Influencia de la ceniza de cascarilla de café para aumentar la resistencia a la compresión en una losa aligerada, Jaén 2021*. Tesis (Título de Ingeniero civil). Moyobamba: Universidad César Vallejo, 2021. 150 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75310>

CHINEN, Katia. 2002. *Factibilidad y estudio de las propiedades del concreto de baja resistencia adicionando cal*. Tesis (Título de Ingeniera civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), 2002, pp. 80.

COTRINA, Nélica. 2018. *Comportamiento mecánico del concreto de alta resistencia de $f'c=450$ kg/cm² con aditivo superplastificante Sikament-290N y adición mineral Sika fume*. Tesis (Título de Ingeniera civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. 205 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1979>

CUNHA, Thyala. 2016. *Estudo da adição de polímero superabsorvente e de nano partículas de sílica para melhorar as propriedades de concretos de alta resistência*. Tesis (Título de Ingeniera civil). Brasilia: Universidade de Brasília, 2016. 166 pp. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.26512/2016.03.D.20605>

ESCOBAR, Jorge. et al. 2003. *Liberación de cefazolina sódica a partir de hidrogeles de copolímeros de poli (acrilamida-co-ácido metacrílico)*. Revista Iberoamericana de Polímeros [en línea]. Enero, 2003, pp. 1-10. Disponible en: <https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/08/previos-escobar1.pdf>

ESTEVEZ, Luís Pedro. 2011. *Superabsorbent polymers: On their interaction with water and pore fluid*. Revista Science Direct: Cement and Concrete Composites [en línea]. Abril, 2011, Vol. 33(7), pp. 717-724. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2011.04.006>

ESTRADA, Juan. 2014. *Evaluación de Diferencias de Dosis de Hidrogel en la Producción de Plantas de Abies vejari Martínez, en Invernadero*. Tesis (Título de Ingeniero ambiental). Mexico: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2014. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/804>

GARCIA, Martha. et al. 2019. *El medio ambiente en Colombia: El agua* [en línea]. 1.a ed. Colombia: Agua.org.mx, 2019, pp. 115-189. Capítulo 4. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/12/cap4.pdf>

GUYER, J Paul. 2018. *An Introduction to Chemical Admixtures for Concrete*. *Concrete Engineering*: Independently published. The Clubhouse Press El Macero, California. Mayo, 2018, pp. 31. ISBN: 978-1982945848

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Lucio. 2006. *Metodología de la investigación* [en línea]. 6.a ed. Mexico: McGRAW-HILL/ Interamericana editores, S.A. de C.V, 2006, pp. 126-164. Capítulo 7. Disponible en: <https://acortar.link/l03so>

INACAL. NTP 339.034. 2016. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Lima: INACAL, 2016.

INACAL. NTP 339.078. 2017. *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. Lima : INACAL, 2017.

INACAL. NTP 339.084. 2017. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto por compresión diametral de una probeta cilíndrica* . Lima : INACAL , 2017.

INACAL. NTP 400.037. 2018. *Especificaciones normalizadas del concreto*. Lima : INACAL, 2018.

INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES. IECA. 2016. *Componentes y propiedades del cemento* [en línea]. España. Disponible en: <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. IMCYC. 2014. *Concretos de alta resistencia*. Revista Construcción y Tecnología [en línea]. Mexico. Disponible en:

IPSOS, Perú. 2016. *Megaconstrucciones: las cinco grandes obras que impulsaron el crecimiento del Perú*. Revista Gestion Lima [en línea]. Julio, 2016. Disponible en: <https://gestion.pe/economia/megaconstrucciones-cinco-grandes-obras-impulsaron-crecimiento-peru-93774-noticia/>

JENSEN, Ole y HANSEN, Per. 2001. *Water-entrained cement-based materials: I. Principles and theoretical background*. Revista Science Direct: Cement, Concret Restaurar [en línea]. Abril, 2001, Vol. 31(4), pp. 647-654. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(01\)00463-X](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(01)00463-X)

KATIME, Issa, et al. 2004. *Los materiales inteligentes de este milenio, los hidrogeles macromoleculares: sintesis, propiedades y aplicaciones*. Dialnet: Editorial Bilbao, Universidad del País Vasco, España, 2004, pp. 336. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=247596>

KARTIK GANESH, Viel y RAMAMURTHY, Kent. 2016. *The influence of superabsorbent polymer beads used as internal curing agent on the compressive strength of mortar*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), India [en línea]. Febrero, 2016, Vol. 3(2), pp. 410 - 416. ISSN: 2395 -0056. Disponible en: <https://www.irjet.net/archives/V3/i2/IRJET-V3I272.pdf>

KLEMM, Agnieszka y SIKORA, Karol. 2012. The effect of cement type on the performance of mortars modified by superabsorbent polymers [en línea]. *Reparación, Rehabilitación y Retroadaptación de Concreto III*. Londres: Prensa CRC, 2012, pp. 76-77. ISBN: 9780429217173.

LETCHMAN, Krishnan. 2016. *Uso de polímeros superabsorbentes para el curado interno de concreto convencional con baja relación a/c*. Tailandia, 2016.

LÓPEZ, Mauricio, LAWRENCE, Kahn y KURTIS, Kimberly. 2005. *Curado interno en hormigones de alto desempeño-un nuevo paradigma*. Revista Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile [en línea]. Agosto, 2005, Vol. 20(2), pp.117-126. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/287991475.pdf>

LÓPEZ, Rodrigo, MORENO, Armando y MURILLO, Marisol. 2022. *Concrete with Super Absorbent Polymers (SAP) as additive: a review of characteristics and fields of application*. *CienciaCierto Revista científica, tecnológica y humanística: Universidad Autónoma de Coahuila, Mexico*. Marzo, 2022, 69, pp. 5-26. ISSN: 2683-1848.

MARIANO, Jose. 2013. *Tecnología de los Plásticos - Polímeros súper absorbentes. Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado*: Buenos aires. Enero, 2013. Disponible en: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/01/>

MUÑOZ, Sócrates, BARBOZA, Diego y BURGA, Richard. 2021. *Uso de PRFC para mejorar las propiedades mecánicas del concreto: una revisión*. *Cultura Científica Y Tecnológica (CULCYT): Universidad Señor de Sipán, Perú, Chiclayo*. Agosto, 2021, Vol. 18(2), pp. 2-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.20983/culcyt.2021.2.3.1>

OTTAZZI, Gianfranco. 2004. *Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado*. Tesis (Título de Ingeniera civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2004. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1055>

PARIZACA, Ronny. 2015. *Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros súperabsorbentes en la ciudad de Puno*. Tesis (Título de Ingeniero civil). Puno: Universidad Nacional Del Altiplano, 2015. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2513>

PASQUEL, Enrique. 2013. *Tópicos del concreto*. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP): Lima, 6.a ed., 2013. pp. 5-6.

PUERTAS , Franco y VÁSQUEZ, Toribio. 2001. *Hidratación Inicial del cemento. Efecto de aditivos superplasticantes*. *Materiales de Construcción - Instituto de Ciencias de la Construcción (CSIC): España*. Junio, 2001, Vol. 51(262), pp. 54-55. DOI: 10.3989/mc.2001.v51.i262.371

RAMIREZ, Arnoldo, et al. 2016. *Materiales polímeros de tipo hidrogeles: revisión sobre su caracterización mediante ftir, dsc, meb y met*. *SciELO: Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales - Caracas, Venezuela*. Diciembre, 2016, Vol. 36(2). ISSN: 0255-6952. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522016000200002

RIVVA, Enrique. 2020. *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Capítulo Peruano ACI. II Congreso Nacional de Estructuras y Construcción, Lima, 4.a ed., 2020. pp. 365-368. Capítulo 7.

ROZAS, Patricio y SÁNCHEZ, Ricardo. 2004. *Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual*. División de Recursos Naturales e Infraestructura Santiago de Chile: Editorial: CEPAL, 2004, pp. 75. ISBN: 9213225776

RODRIGUEZ, S y TORRES, N. 2019. *Evaluación de los efectos del curado interno del concreto*. Ingeniería investigación [En línea]., Vol. 39(2), pp. 37-45. ISSN: 0120-5609. DOI: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v39n2.76505>

SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. 2001. *Tecnología del concreto y del mortero*. 5.a ed. Bogota, Colombia: Bhandar Editores LTDA., 2001, pp.19. ISBN: 958-9247-04-0

SNOECK, D, PEL, L y DE BELIE, N. 2020. Autogenous Healing in Cementitious Materials with Superabsorbent Polymers Quantified by Means of NMR. Scientific Reports Vol. 10(642), 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57555-0>

SNOECK, D, PEL, L y DE BELIE, N. 2017. The water kinetics of superabsorbent polymers during cement hydration and internal curing visualized and studied by NMR. Scientific Reports Vol. 7(9514), 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10306-0>

TAN, Yawen, et al. 2019. *Performance of cement mortar incorporating superabsorbent polymer (SAP) using different dosing methods.*, Materials, Vol. 12(1619), Beijing-China, 2019, pág. 10.

STEWART, Andrew. 2016. *The 'living concrete' that can heal itself*. Cable News Network (CNN) Business, 2016. Disponible en: <https://edition.cnn.com/2015/05/14/tech/bioconcrete-delft-jonkers/index.html>

YUNI, Jose y URBANO, Claudio. 2014. *Técnicas para investigar: Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación*. 2.a ed. Argentina: Editorial Brujas, 2014, Vol. 1, pp. 118.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
V1: Hidrogel (variable independiente)	Los hidrogeles son materiales polímeros hidrófilos con una amplia capacidad de absorber y liberar grandes volúmenes, en especial agua, pero también otras soluciones acuosas. (Estrada, 2014)	Los SAP, son polímeros óptimos en retención de líquidos y absorbentes, gracias a su estructura de red hidrófila tridimensional, es capaz de absorber y retener 100 veces en comparación con su peso y en un corto tiempo. Con estas propiedades especiales, SAP se ha utilizado ampliamente en muchas industrias, en particular en el concreto, se aplica en el desarrollo de tecnología de curado interno.	D1: Dosificación	I1: 0.15% de Hidrogel I2: 0.25% de Hidrogel I3: 0.35% de Hidrogel	Experimento incorporando hidrogel en porcentaje del peso del cemento	Razón
			D2: Propiedades físicas	Composición física	Ensayos físicos: Granulometría, absorción y capacidad de hinchamiento	Razón
V2: Propiedades mecánicas del concreto (variable dependiente)	La composición química y estructura interna son las que definen las propiedades mecánicas de un material. Mencionando al concreto, se obtienen mediante ensayos, en la cual se aplica fuerzas externas. Considerando que se puede mostrar algunas alteraciones en ciertas condiciones. (Concremax, 2022)	Se lleva a cabo el análisis de las propiedades mecánicas del concreto, mediante la elaboración de especímenes y posteriormente se realizarán las pruebas de laboratorio (estado endurecido) pertinentes; que finalmente ayudarán a determinar los resultados para mi investigación y logren llegar a una resistencia requerida a 420 kg/cm ² .	D1: Propiedades mecánicas (Estado Endurecido)	I1: Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Ensayo a la resistencia a compresión (NTP 339.034) (ASTM C-39)	Razón
				I2: Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	Ensayo a la resistencia a la flexión (NTP 339.078) (ASTM C-78)	Razón
				I3: Resistencia a la tracción(kg/cm ²)	Ensayo a la resistencia a la tracción (NTP 339.084) (ASTM C496-04)	Razón

Anexo 02. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable 1 Hidrogel	D1: Dosificación	I1: 0.15% de Hidrogel I2: 0.25% de Hidrogel I3: 0.35% de Hidrogel	Experimento incorporando hidrogel en porcentaje del peso del cemento	Tipo de investigación: Aplicada Enfoque de investigación: Cuantitativo El diseño de la investigación: Cuasi experimental
¿De qué manera influye la incorporación de Hidrogel sobre las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023?	Evaluar la influencia de la incorporación de Hidrogel sobre las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.	La incorporación de Hidrogel, mejora el comportamiento mecánico de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.		D2: Propiedades físicas	Composición física	Ensayos físicos: Granulometría, absorción y capacidad de hinchamiento	
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Variable 2 Propiedades mecánicas del concreto	D1: Propiedades mecánicas (Estado Endurecido)	I1: Resistencia a la compresión (kg/cm^2)	Ensayo a la resistencia a compresión (NTP 339.034) (ASTM C-39)	El nivel de la investigación: Explicativo Población: Producción total de concreto $f'c=420\text{ kg/cm}^2$ Muestra: 72 probetas y 12 vigas de concreto
¿Cómo influye la incorporación de Hidrogel sobre la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023?	Determinar la influencia de la incorporación de Hidrogel, sobre la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.	La incorporación de Hidrogel, influye favorablemente sobre la resistencia a la compresión de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.					

<p>¿Cómo influye la incorporación de Hidrogel sobre la resistencia a la flexión de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023?</p>	<p>Analizar la influencia de la incorporación de Hidrogel, sobre la resistencia a la flexión, de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.</p>	<p>La incorporación de Hidrogel, tiene un efecto favorable sobre la resistencia a la flexión de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.</p>			<p>I2: Resistencia a la flexión (kg/cm^2)</p>	<p>Ensayo a la resistencia a la flexión (NTP 339.078) (ASTM C-78)</p>	<p>Muestreo: No probabilístico</p>
<p>¿Cómo influye la incorporación de Hidrogel sobre la resistencia a la tracción de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023?</p>	<p>Establecer la influencia de la incorporación del Hidrogel, sobre la resistencia a la tracción de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.</p>	<p>La incorporación de Hidrogel, influye favorablemente sobre la resistencia a la tracción de un concreto de alta resistencia $f_c=420\text{kg/cm}^2$, en elementos estructurales, 2023.</p>			<p>I3: Resistencia a la tracción(kg/cm^2)</p>	<p>Ensayo a la resistencia a la tracción (NTP 339.084) (ASTM C496-04)</p>	

Anexo 03. Instrumentos de recolección de datos



Geo SOLUM
S.A.C.
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto

992 388 048 

987 637 503 

Geosolum.suelos2023@gmail.com 

geosolum.sac2023  Geosolum Sac 

Calle Crisantemos, manzana C, lote 14,
barrio Yauris, urbanización La Ribera II etapa 

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS (ASTM C-39)

PROYECTO:

PETICIONARIO:

FECHA MOLDEO:

PROCEDENCIA DEL TESTIGO:

F'c DEL DISEÑO:

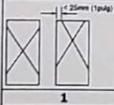
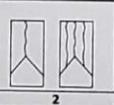
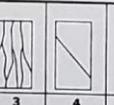
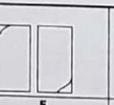
IDENTIFICACION Y MEDIONES DEL TESTIGO

MOLDEO DE PROBETA			PESO (g)	SLUMP (pulg)	ϕ_{prom} mm	H_{prom} mm	ÁREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³
CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MOLDEO	ADITIVOS							

RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN

REFERENCIA PROBETA			ENSAYO ROTURA			PROMEDIO		FALLA
CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	F'c DEL DISEÑO	FECHA	EDAD	f'c	f'c prom	%	

TIPOS DE ROTURA DE CONCRETO

TIPO DE ROTURA	1	2	3	4	5	6
						

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROTURA

TIPO 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

TIPO 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.

TIPO 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

TIPO 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferenciar del tipo 1.

TIPO 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.

TIPO 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS
(NTP 339.078)

PROYECTO:

PETICIONARIO:

FECHA MOLDEO:

PROCEDENCIA DEL TESTIGO:

F^c DEL DISEÑO:

IDENTIFICACION Y MEDIONES DE VIGAS

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES (cm)		
					LARGO	ANCHO	ALTURA

RESULTADOS ENSAYO DE FLEXION

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	UBICACIÓN DE LA FRACTURA	CARGA MÁXIMA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN (kg/cm ²)

$$f_r = \frac{PL}{bd^2}$$

Donde:

- f_r : Resistencia a la flexión en kg/cm²
- P : Carga de rotura aplicada en kg
- L : Luz entre apoyos extremos en cm
- b : Ancho de la viga en cm
- d : Altura de viga en cm

**RESISTENCIA A LA TRACCION SIMPLE DEL HORMIGON, POR COMPRESION DIAMETRAL
(NTP 339.084)**

PROYECTO:

PETICIONARIO:

FECHA MOLDEO:

PROCEDENCIA DEL TESTIGO:

F^c DEL DISEÑO:

IDENTIFICACION Y MEDIONES DE TESTIGOS

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES (cm)	
					DIAMETRO	ALTURA

RESULTADOS ENSAYO DE TRACCION

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A TENSION INDIRECTA (kg/cm2)	TIPO DE FRACTURA

Anexo 04. Ficha de validación

HOJA DE VALIDACIÓN

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:

“Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto de alta resistencia $f'c = 420\text{kg/cm}^2$, mediante la incorporación de Hidrogel para elementos estructurales 2023”

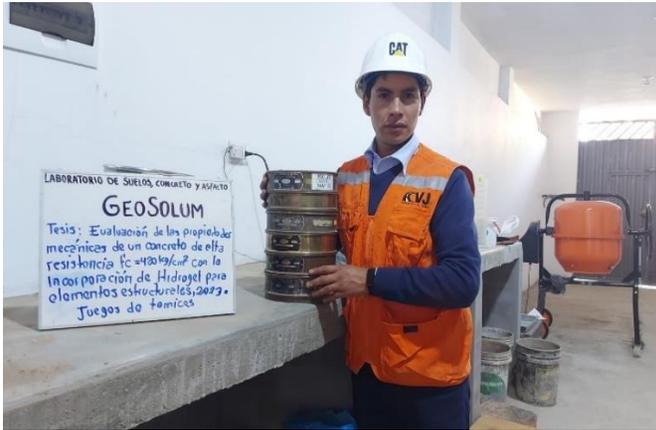
APELLIDOS Y NOMBRES:

Urcuhuaranga Garay Jeffry Luis

VALIDACIÓN E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS				
APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO	CIP	DNI	INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	FIRMA
DE LA CRUZ LUYO, BRANDON JAIRO	259333	70242399	<ul style="list-style-type: none">• Análisis Granulométrico de agregados NTP 400.012• Contenido de humedad NTP 339.185• Peso unitario suelto y compacto de agregados NTP 400.017	

<p>PERALTA RICRA, ANGEL VIDAL</p>	<p>269900</p>	<p>70218197</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Absorción y peso específico de agregados NTP 400.021 y NTP 400.022 	
<p>FLORES CAYLLAHUA, VLADIMIR ALFONSO</p>	<p>145397</p>	<p>45129029</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión NTP 339.034 • Resistencia a la flexión NTP 339.078 • Resistencia a tracción NTP 339.084 	

Anexo 05. Panel Fotográfico



(a)



(b)



(c)

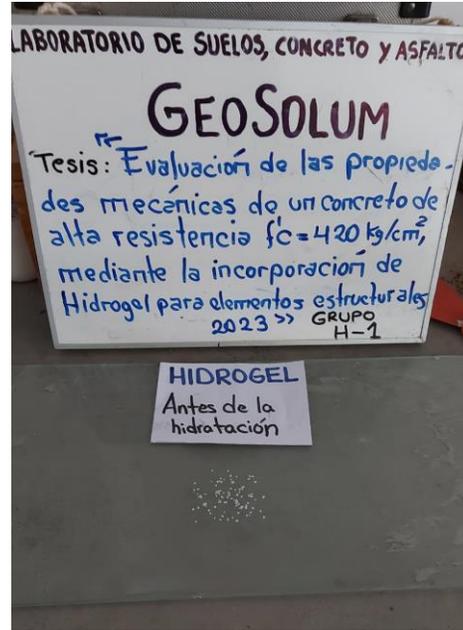


(d)

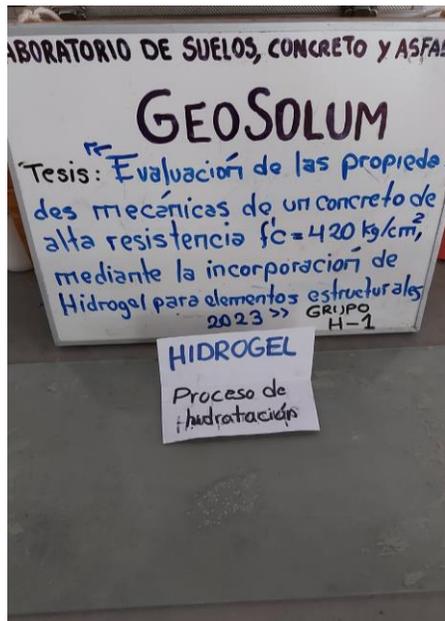
Ensayos de caracterización de agregados: a) Análisis granulométrico de agregado grueso, b) Análisis granulométrico de agregado fino, c) Ensayo de contenido de humedad, d) Ensayo de peso unitario de agregado fino y grueso.



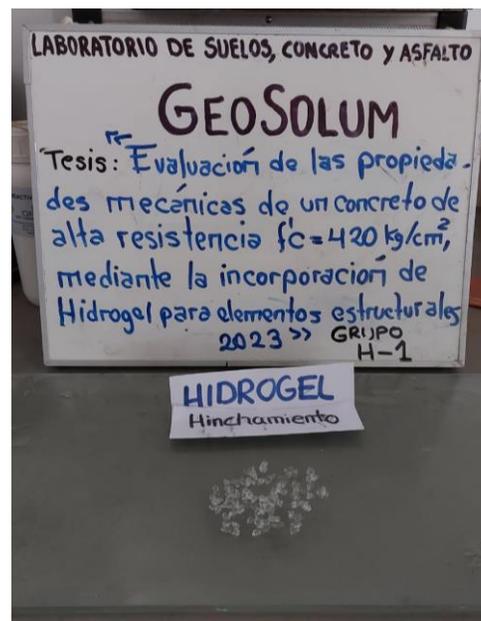
(a)



(b)

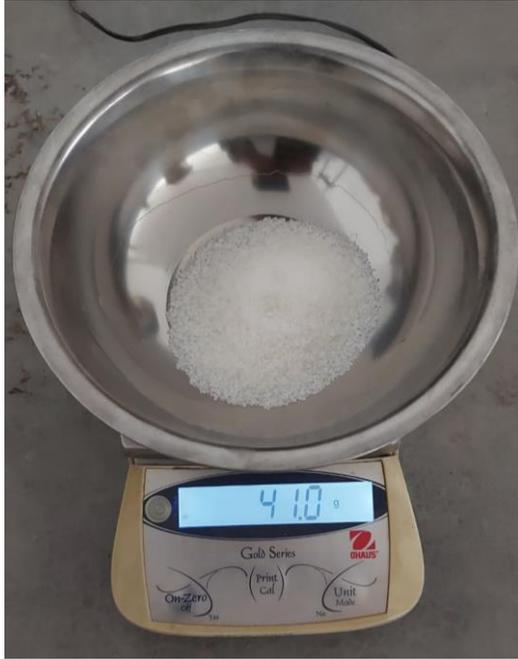


(c)



(d)

Proceso de hidratación gradual del polímero superabsorbente Hidrogel: a) Conjunto de partículas del hidrogel en seco, b) Hidrogel antes de la hidratación, c) Hidrogel en el proceso de hidratación, d) Hidrogel en proceso de hinchamiento.



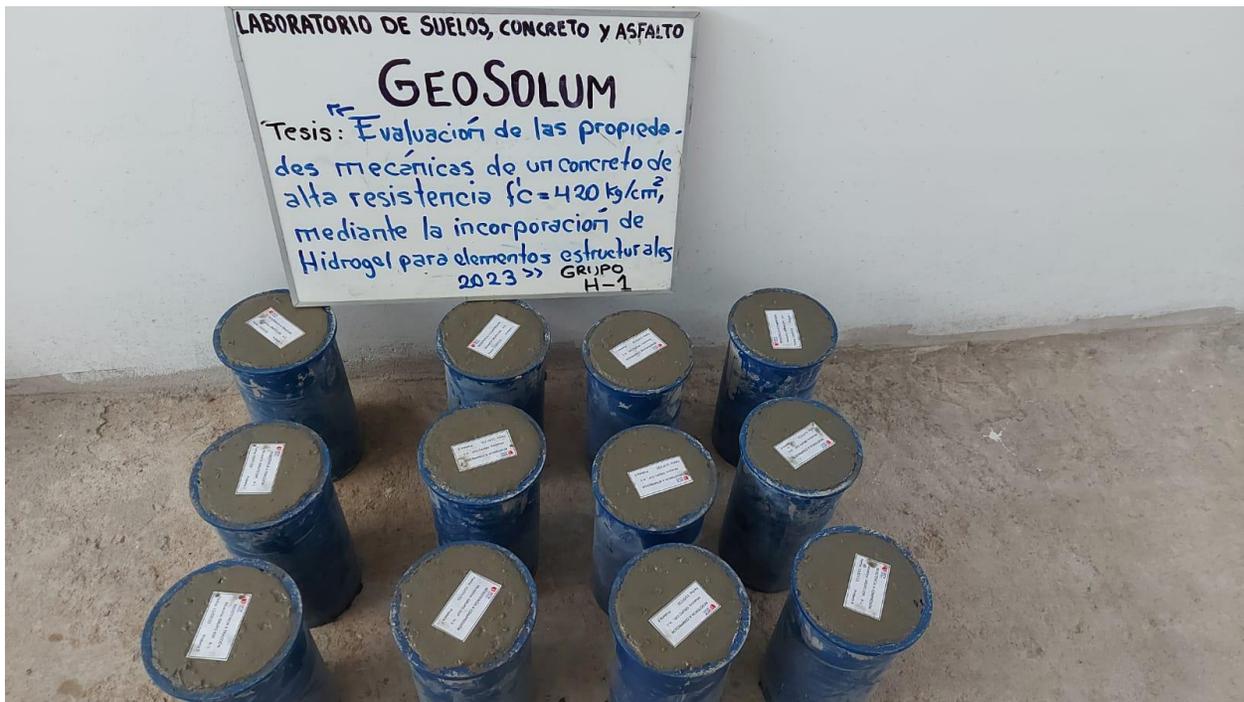
Pesado del polímero superabsorbente Hidrogel para las diversas dosificaciones en porcentajes del peso del cemento.



Mezclado del polímero superabsorbente Hidrogel en estado seco con el cemento, antes de la combinación de los materiales para elaborar el concreto.



Preparación de la mezcla de concreto, haciendo uso de la mezcladora tipo tambor.



Probetas vaciadas en los respectivos moldes cilíndricos (4" x 8"), pertenecientes al grupo H-1.



Vigas vaceadas en los respectivos moldes prismáticos (6" x 6" x 21"), pertenecientes al grupo patrón.



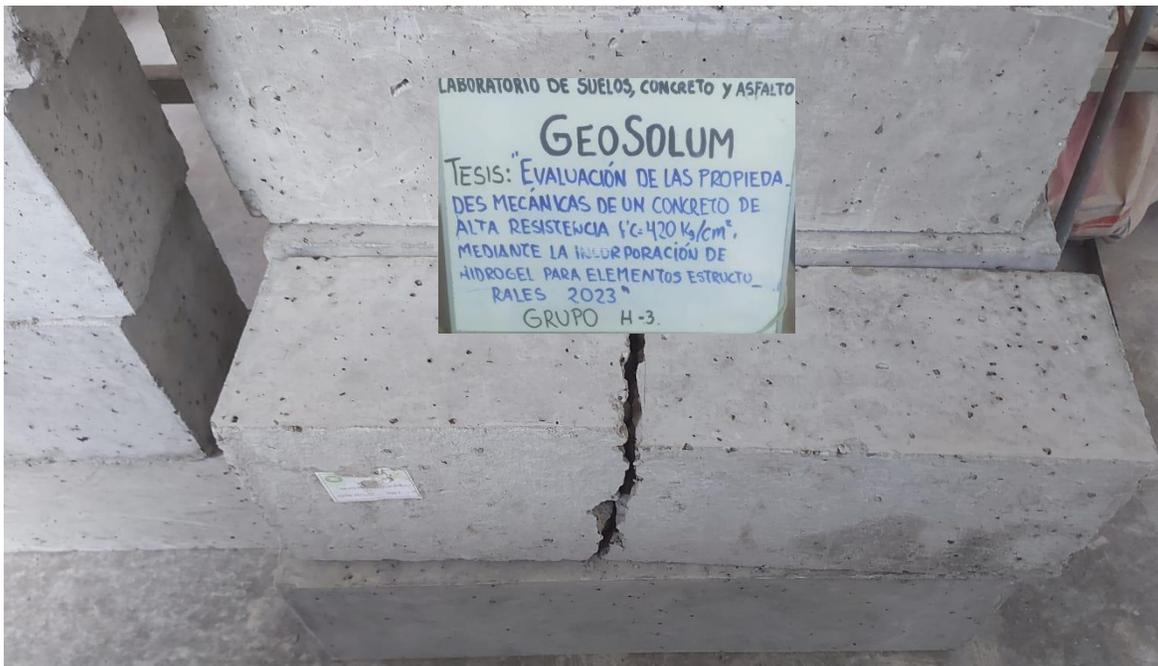
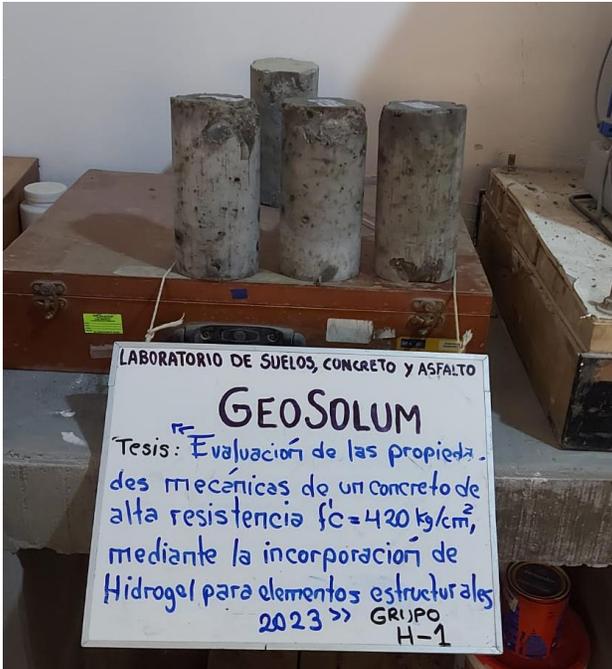
Ejecución del ensayo de resistencia a la compresión haciendo uso de la prensa de compresión, previa calibración de la máquina.



Ejecución del ensayo de resistencia a la flexión haciendo uso de la prensa adaptada para esfuerzo a flexión, previa calibración de la máquina.



Ejecución del ensayo de resistencia a la tracción haciendo uso de la prensa adaptada para esfuerzo a compresión diametral, previa calibración de la máquina.



Especímenes cilíndricos y prismáticos ya ensayados a resistencia a la compresión, flexión y tracción, también se muestra la vista de la falla correspondiente en cada espécimen.

Anexo 06. Certificados de laboratorio de los ensayos



992 388 048
987 637 503
Geosolum.suelos2023@gmail.com
geosolum.sac2023 Geosolum Sac

Calle Crisantemos, manzana C, lote 14,
barrio Yauris, urbanización La Ribera II etapa

PARA : JEFFRY LUIS URCUHUARANGA GARAY

PROYECTO : TESIS "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f'c=420 \text{ kg/cm}^2$, MEDIANTE LA INCORPORACION DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023"

ASUNTO : INFORME DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO, ENSAYOS DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO Y ENSAYO DE TRACCION EN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO.

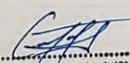
FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2023

Cordialmente nos dirigimos a Uds., para informarles los resultados del ensayo de rotura a compresión, de las probetas (testigos de concreto), resultados de ensayos de flexión en vigas de concreto y resultados de ensayos de tracción en testigos cilíndricos, los resultados de obtenidos se detallan en el presente informe.

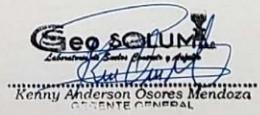
Se realizaron ensayos de compresión en 36 testigos cilíndricos, se realizaron ensayos de flexión en 12 vigas de concreto y se realizaron ensayos de tracción en 12 testigos cilíndricos. Teniendo un diseño de $f'c=420\text{kg/cm}^2$ con la incorporación de aditivo reductor de agua e Hidrogel.

Los resultados se pueden observar en los documentos adjuntos.

1. Diseño de Concreto $f'c=420\text{kg/cm}^2$.
2. Registro de los ensayos de compresión.
3. Registro de los ensayos de Flexión.
4. Registro de los ensayos de tracción.
5. Certificado de Calibración de los equipos utilizados.



GUADALUPE HUMÁN JULIO AGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038



Geo Solum
Kenny Anderson Osores Mendoza
INGENIERO CIVIL

CONTENIDO

Ensayos de Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos.

Para el desarrollo de las actividades para realizar los ensayos destructivos a los testigos de concreto seguimos los estándares de la normativa ASTM C-39 "Resistencia a la Compresión de Testigos Cilíndricos", teniendo los testigos un diseño con una resistencia de $F'c = 420 \text{ Kg/cm}^2$ con incorporación de Aditivo reductor de agua e Hidrogel en diferentes dosificaciones.

Las dosificaciones de Hidrogel se detallan en el siguiente cuadro:

GRUPO	RESISTENCIA	% ADITIVO FLUXCRETE 51SH*	% DE HIDROGEL*
G-1	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	-
H-1	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	0.15
H-2	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	0.25
H-3	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	0.35

*El porcentaje se aplica al peso del cemento utilizado.

Ensayos de Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas

Para el desarrollo de las actividades para realizar los ensayos destructivos a los testigos de concreto seguimos los estándares de la normativa NTP 339.078 "Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas", teniendo las vigas un diseño con una resistencia de $F'c = 420 \text{ Kg/cm}^2$ con incorporación de Aditivo reductor de agua e Hidrogel en diferentes dosificaciones.

Las dosificaciones de Hidrogel se detallan en el siguiente cuadro:

GRUPO	RESISTENCIA	% ADITIVO FLUXCRETE 51SH*	% DE HIDROGEL*
G-1	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	-
H-1	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	0.15
H-2	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	0.25
H-3	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	0.35

*El porcentaje se aplica al peso del cemento utilizado.

Ensayos de Resistencia a la Tracción Simple del Hormigón, por Compresión Diametral.

Para el desarrollo de las actividades para realizar los ensayos destructivos a los testigos de concreto seguimos los estándares de la normativa NTP 339.084 "Resistencia a la Tracción Simple del Hormigón, por Compresión Diametral", teniendo los testigos un diseño con una resistencia de $F'c = 420 \text{ Kg/cm}^2$ con incorporación de Aditivo reductor de agua e Hidrogel en diferentes dosificaciones.

Las dosificaciones de Hidrogel se detallan en el siguiente cuadro:

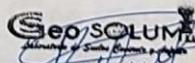
GRUPO	RESISTENCIA	% ADITIVO FLUXCRETE 51SH*	% DE HIDROGEL*
G-1	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	-
H-1	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	0.15
H-2	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	0.25
H-3	$F'c=420 \text{ kg/cm}^2$	1.5	0.35

*El porcentaje se aplica al peso del cemento utilizado.

OBJETIVO

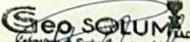
- Determinar la resistencia a la compresión de testigos de concreto $F'c = 420 \text{ Kg/cm}^2$ a edad de 7, 14 y 28 días.
- Determinar la resistencia a la compresión de las vigas de concreto $F'c = 420 \text{ Kg/cm}^2$ a edad de 28 días.
- Determinar la resistencia a la tracción de testigos de concreto $F'c = 420 \text{ Kg/cm}^2$ a edad de 28 días.


GUADALUPE KORMAN JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296036


Kenny Anderson Osorio Mendoza
GERENTE GENERAL

ANEXOS


.....
GUADALUPE HUANAN JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038


.....
Kenny Anderson Osorio Mendoza
GERENTE GENERAL

DISEÑO DE CONCRETO $F'c=420 \text{ kg/cm}^2$


GUADALUPE HUAMAN NIJO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038


Kenny Anderson Osorez Mendoza
ENTE GENERAL

Peticionario : JEFFRY LUIS URCHUHUARANGA GARAY
Proyecto : EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f'c=420$ kg/cm²,
MEDIANTE LA INCORPORACION DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 420$ kg/cm²

Cemento : Andino Tipo I
Peso específico : 3.12

AGREGADO FINO

Arena gruesa
Rio Mantaro

NTP 400.022

Peso específico de masa : 2.56
Peso específico de masa S.S.S. : 2.60
Peso específico aparente : 2.66

NTP 400.017

Peso unitario suelto seco : 1539 kg/m³
Peso unitario compactado seco : 1681 kg/m³

NTP 400.012

Tamiz	% Retenido	% Que pasa
¾ in.	0.0	100.0
No. 4	3.4	96.6
No. 8	11.1	85.4
No. 16	12.6	72.8
No. 30	18.1	54.7
No. 50	25.8	28.9
No. 100	20.5	8.4
Fondo	8.4	0.0

AGREGADO GRUESO

Piedra chancada de ½ in.
Rio Mantaro

NTP 400.022

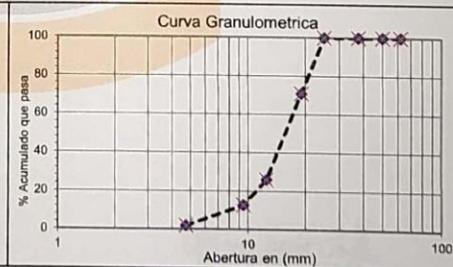
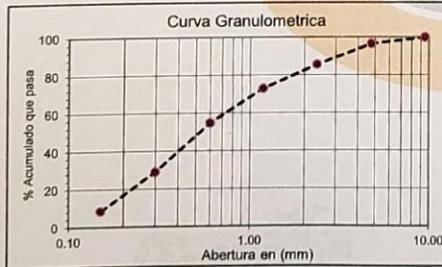
Peso específico de masa : 2.62
Peso específico de masa S.S.S. : 2.66
Peso específico aparente : 2.73

NTP 400.017

Peso unitario suelto seco : 1436 kg/m³
Peso unitario compactado seco : 1533 kg/m³

NTP 400.012

Tamiz	% Retenido	% Que pasa
2 in.	0.0	100.0
1½ in.	0.0	100.0
1 in.	0.0	100.0
¾ in.	29.2	70.8
½ in.	45.0	25.9
¾ in.	13.2	12.7
No. 4	10.8	1.9
Fondo	1.9	0.0



Módulo de finura : 2.531
% Porcentaje de absorción : 1.40
% Contenido de humedad : 0.61

Tamaño máximo nominal : 1 in.
% Porcentaje de absorción : 1.63
% Contenido de humedad : 0.42

Guadalupe Huaman
GUADALUPE HUAMAN VALD AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038

Kenny Anderson Osorio Mendoza
Kenny Anderson Osorio Mendoza
GERENTE GENERAL

DOSIFICACION ADITIVO REDUCTOR DE AGUA - DISEÑO DE MEZCLA ($f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$)

PROPORCIÓN EN PESO

Cemento	42.5 kg	Aditivo Reductor de Agua	: FLUXCRETE 51SH
Arena	55.61 kg	Reduccion de Agua	: 10%
Piedra	46.42 kg	Dosificacion por peso de cemento	: 1.5%
Agua	14.9 litros de agua/bolsa de cemento		

DOSIFICACION PARA USO DE ADITIVO FLUXCRETO 51SH

PESO ADITIVO REDUCTOR DE AGUA	0.64 kg
NUEVA PROPORCON DE AGUA	13.40 litros de agua/bolsa de cemento

DOSIFICACION HIDROGEL AL 0.15% - DISEÑO DE MEZCLA ($f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$)

PROPORCIÓN EN PESO

Cemento	42.5 kg
Arena	55.61 kg
Piedra	46.42 kg
Agua	14.9 litros de agua/bolsa de cemento
Aditivo	0.64 kg 637.5 gr.
Hidrogel	0.06 kg 63.75 gr.

PROPORCIÓN EN VOLUMEN (M3)

Cemento	620.71 kg
Arena	812.25 kg
Piedra	678.06 kg
Agua	195.71 litros de agua/bolsa de cemento
Aditivo	9.31 kg
Hidrogel	0.93 kg

DOSIFICACION HIDROGEL AL 0.25% - DISEÑO DE MEZCLA ($f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$)

PROPORCIÓN EN PESO

Cemento	42.5 kg
Arena	55.61 kg
Piedra	46.42 kg
Agua	14.9 litros de agua/bolsa de cemento
Aditivo	0.64 kg 637.5 gr.
Hidrogel	0.11 kg 106.3 gr.

PROPORCIÓN EN VOLUMEN (M3)

Cemento	620.71 kg
Arena	812.25 kg
Piedra	678.06 kg
Agua	195.71 litros de agua/bolsa de cemento
Aditivo	9.31 kg
Hidrogel	1.55 kg

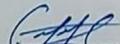
DOSIFICACION HIDROGEL AL 0.35% - DISEÑO DE MEZCLA ($f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$)

PROPORCIÓN EN PESO

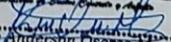
Cemento	42.5 kg
Arena	55.61 kg
Piedra	46.42 kg
Agua	14.9 litros de agua/bolsa de cemento
Aditivo	0.64 kg 637.5 gr.
Hidrogel	0.15 kg 148.8 gr.

PROPORCIÓN EN VOLUMEN (M3)

Cemento	620.71 kg
Arena	812.25 kg
Piedra	678.06 kg
Agua	195.71 litros de agua/bolsa de cemento
Aditivo	9.31 kg
Hidrogel	2.17 kg



GUADALUPE HUANAN JULIO AUGUSTO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. Nº 296038



Anderson Osorio Mendoza
 DIRECTOR GENERAL

REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN


Guadalupe Huaman
GUADALUPE HUAMAN MULO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038


Kenny Anderson
Kenny Anderson Osores Mendoza
GERENTE GENERAL

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS
(ASTM C-39)**

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACION DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URQUHUARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: sábado, 8 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL G-1

F'c DEL DISEÑO: F'c = 420 Kg/Cm²

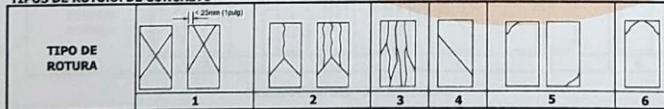
IDENTIFICACION Y MEDIONES DEL TESTIGO

MOLDEO DE PROBETA			PESO (g)	SLUMP (pulg)	Ø _{prom} mm	H _{prom} mm	ÁREA cm ²	VOL m ³	DENS. kg/m ³
CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MOLDEO	ADITIVOS							
P-1	08-07-23	1.5% FLUXCRETE 51SH	3,658	5	100.0	200.0	78.54	0.0016	2,329
P-2			3,677	5	99.0	199.0	76.98	0.0015	2,400
P-3			3,677	5	99.0	200.0	76.98	0.0015	2,388
P-4	08-07-23		3,611	5	99.0	201.0	76.98	0.0015	2,334
P-5			3,605	5	101.0	199.0	80.12	0.0016	2,261
P-6			3,609	5	101.0	201.0	80.12	0.0016	2,241
P-7	08-07-23		3,664	5	101.0	200.0	80.12	0.0016	2,287
P-8			3,670	5	101.0	201.0	80.12	0.0016	2,279
P-9			3,621	5	100.0	199.0	78.54	0.0016	2,317

RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN

REFERENCIA PROBETA			ENSAYO ROTURA			PROMEDIO		FALLA
CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	F'c DEL DISEÑO	FECHA	EDAD	f _c	f'c prom	%	
P-1	08-07-23	F'c = 420 Kg/Cm ²	15/07/2023	7	294	302	72	4
P-2					325			4
P-3					286			6
P-4	08-07-23		22/07/2023	14	321	338	80	6
P-5					347			5
P-6					345			6
P-7	08-07-23		5/08/2023	28	438	421	100	6
P-8					400			4
P-9					425			6

TIPOS DE ROTURA DE CONCRETO



DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROTURA

- TIPO 1:** Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.
- TIPO 2:** Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.
- TIPO 3:** Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.
- TIPO 4:** Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferenciar del tipo 1.
- TIPO 5:** Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.
- TIPO 6:** Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.

GUADALUPE NUAMAN JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038

Kenny Anderson Osones Mendoza
GERENTE GENERAL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS
(ASTM C-39)

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACION DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URCHUHUARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: sábado, 15 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL H-1

F'c DEL DISEÑO: F'c = 420 Kg/Cm²

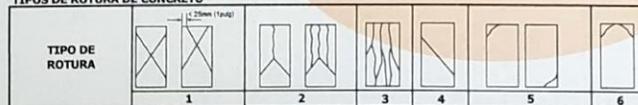
IDENTIFICACION Y MEDIONES DEL TESTIGO

MOLDEO DE PROBETA			PESO (g)	SLUMP (pulg)	ϕ_{prom} mm	H_{prom} mm	ÁREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³
CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MOLDEO	ADITIVOS							
P-1	15-07-23	1.5% FLUXCRETE 51SH 0.15% HIDROGEL	3,668	5	99.0	199.0	76.98	0.0015	2,395
P-2			3,639	5	101.0	201.0	80.12	0.0016	2,260
P-3			3,632	5	101.0	201.0	80.12	0.0016	2,255
P-4	15-07-23		3,604	5	101.0	199.0	80.12	0.0016	2,260
P-5			3,626	5	99.0	199.0	76.98	0.0015	2,367
P-6			3,621	5	101.0	199.0	80.12	0.0016	2,271
P-7	15-07-23		3,493	5	101.0	200.0	80.12	0.0016	2,180
P-8			3,548	5	99.0	200.0	76.98	0.0015	2,305
P-9			3,528	5	101.0	200.0	80.12	0.0016	2,202

RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN

CÓDIGO DE PROBETA	REFERENCIA PROBETA		ENSAYO ROTURA			PROMEDIO		FALLA		
	FECHA DE MUESTREO	F'c DEL DISEÑO	FECHA	EDAD	f'c	F'c prom	%			
P-1	15-07-23	F'c = 420 Kg/Cm ²	22/07/2023	7	316	303	72	6		
P-2					314			4		
P-3					280			5		
P-4	15-07-23		F'c = 420 Kg/Cm ²	29/07/2023	14	337	325	77	5	
P-5						349			4	
P-6						289			4	
P-7	15-07-23			F'c = 420 Kg/Cm ²	12/08/2023	28	352	375	89	4
P-8							374			4
P-9							398			6

TIPOS DE ROTURA DE CONCRETO



DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROTURA

- TIPO 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.
- TIPO 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.
- TIPO 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, cono no bien formado.
- TIPO 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferenciar del tipo 1.
- TIPO 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embozado.
- TIPO 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.

GUADALUPE HUAMAN JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038

Kenneth Anderson Osorio Mendoza
GERENTE GENERAL

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS (ASTM C-39)

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACION DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URQUHUARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: lunes, 17 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL H-2

F_c DEL DISEÑO: F_c = 420 Kg/Cm²

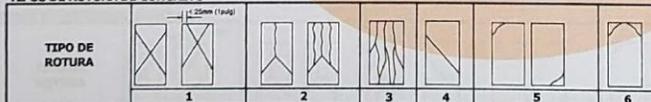
IDENTIFICACION Y MEDIONES DEL TESTIGO

MOLDEO DE PROBETA			PESO (g)	SLUMP (pulg)	Ø _{prom} mm	H _{prom} mm	ÁREA cm ²	VOL m ³	DENS. kg/m ³
CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MOLDEO	ADITIVOS							
P-1	17-07-23	1.5% FLUXCRETE 51SH 0.25% HIDROGEL	3,657	5	101.0	201.0	80.12	0.0016	2,271
P-2			3,657	5	101.0	199.0	80.12	0.0016	2,294
P-3			3,625	5	100.0	200.0	78.54	0.0016	2,308
P-4	17-07-23		3,607	5	101.0	201.0	80.12	0.0016	2,240
P-5			3,629	5	100.0	200.0	78.54	0.0016	2,310
P-6			3,633	5	101.0	201.0	80.12	0.0016	2,256
P-7	17-07-23		3,544	5	100.0	201.0	78.54	0.0016	2,245
P-8			3,534	5	100.0	199.0	78.54	0.0016	2,261
P-9			3,494	5	99.0	200.0	76.98	0.0015	2,270

RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN

REFERENCIA PROBETA			ENSAYO ROTURA			PROMEDIO		FALLA
CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	F _c DEL DISEÑO	FECHA	EDAD	f _c	f _c prom	%	
P-1	17-07-23	F _c = 420 Kg/Cm ²	24/07/2023	7	261	319	76	4
P-2					319			6
P-3					377			6
P-4	17-07-23		31/07/2023	14	348	342	82	4
P-5					318			5
P-6					361			5
P-7	17-07-23		14/08/2023	28	380	423	101	5
P-8					428			6
P-9					461			5

TIPOS DE ROTURA DE CONCRETO



DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROTURA

- TIPO 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.
- TIPO 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.
- TIPO 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.
- TIPO 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferenciar del tipo 1.
- TIPO 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.
- TIPO 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acortado.

GUADALUPE HUMÁN JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038

Kenny Anderson Osorés Mendoza
INTE. GENERAL

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS
(ASTM C-39)**

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URCHUJARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: martes, 18 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL H-3

F_c DEL DISEÑO: F_c = 420 Kg/Cm²

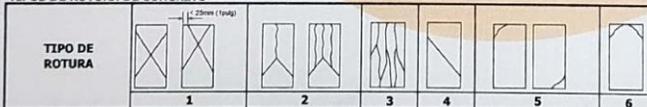
IDENTIFICACION Y MEDIONES DEL TESTIGO

MOLDEO DE PROBETA			PESO (g)	SLUMP (pulg)	Ø _{prom} mm	H _{prom} mm	ÁREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³
CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MOLDEO	ADITIVOS							
P-1	18-07-23	1.5% FLUXCRETE 51SH 0.35% HIDROGEL	3,634	5	100.0	201.0	78.54	0.0016	2,302
P-2			3,624	5	100.0	199.0	78.54	0.0016	2,319
P-3			3,623	5	99.0	201.0	76.98	0.0015	2,342
P-4	18-07-23		3,551	5	99.0	200.0	76.98	0.0015	2,307
P-5			3,567	5	99.0	199.0	76.98	0.0015	2,329
P-6			3,550	5	100.0	200.0	78.54	0.0016	2,260
P-7	18-07-23		3,567	5	100.0	200.0	78.54	0.0016	2,271
P-8			3,499	5	101.0	200.0	80.12	0.0016	2,184
P-9			3,547	5	99.0	199.0	76.98	0.0015	2,316

RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN

REFERENCIA PROBETA			ENSAYO ROTURA			PROMEDIO		FALLA		
CÓDIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	F _c DEL DISEÑO	FECHA	EDAD	f _c	f _c prom	%			
P-1	18-07-23	F _c = 420 Kg/Cm ²	25/07/2023	7	218	235	56	6		
P-2					250			6		
P-3					237			5		
P-4	18-07-23		F _c = 420 Kg/Cm ²	1/08/2023	14	269	275	65	6	
P-5						281			6	
P-6						274			6	
P-7	18-07-23			F _c = 420 Kg/Cm ²	15/08/2023	28	304	296	71	6
P-8							284			5
P-9							301			5

TIPOS DE ROTURA DE CONCRETO



DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROTURA

- TIPO 1:** Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.
- TIPO 2:** Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.
- TIPO 3:** Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.
- TIPO 4:** Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferenciar del tipo 1.
- TIPO 5:** Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embozado.
- TIPO 6:** Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.

GUADALUPE HUAMAN, JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038

Kenneth Anderson Osorno Mendoza
INGENIERO CIVIL

REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN



GUADALUPE HUANAN JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038

Geo SOLUM
Luis Anderson George Mendoza
INGENIERO CIVIL

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS
(NTP 339.078)**

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACION DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URCHUHUARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: sábado, 15 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL G-1

F'c DEL DISEÑO: $F'c = 420$ Kg/Cm²

IDENTIFICACION Y MEDIONES DE VIGAS

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES (cm)		
					LARGO	ANCHO	ALTURA
1	G-1 - V-1	15/07/2023	12/08/2023	28	54	15.33	15.67
2	G-1 - V-2	15/07/2023	12/08/2023	28	54	15.57	15.80
3	G-1 - V-3	15/07/2023	12/08/2023	28	54	15.43	15.63

RESULTADOS ENSAYO DE FLEXIÓN

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	UBICACIÓN DE LA FRACTURA	CARGA MÁXIMA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN (kg/cm ²)
1	G-1 - V-1	45	Tercio Central	27.28	33.26
2	G-1 - V-2	45	Tercio Central	37.20	43.93
3	G-1 - V-3	45	Tercio Central	34.05	41.42

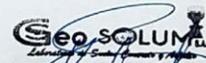
$$f_r = \frac{PL}{bd^2}$$

Donde:

- fr : Resistencia a la flexión en kg/cm²
- P : Carga de rotura aplicada en kg
- L : Luz entre apoyos extremos en cm
- b : Ancho de la viga en cm
- d : Altura de viga en cm



GUADALUPE HUAMANI JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038



Kenny Anderson Osorio Mendoza
GERENTE GENERAL

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS
(NTP 339.078)**

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URQUHUARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: miércoles, 19 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL H-1

F'c DEL DISEÑO: F'c = 420 Kg/Cm²

IDENTIFICACION Y MEDIONES DE VIGAS

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES (cm)		
					LARGO	ANCHO	ALTURA
1	H-1 - V-1	19/07/2023	16/08/2023	28	54	15.33	15.67
2	H-1 - V-2	19/07/2023	16/08/2023	28	54	15.57	15.80
3	H-1 - V-3	19/07/2023	16/08/2023	28	54	15.43	15.63

RESULTADOS ENSAYO DE FLEXION

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	UBICACIÓN DE LA FRACTURA	CARGA MÁXIMA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN (kg/cm ²)
1	H-1 - V-1	45	Tercio Central	21.89	26.69
2	H-1 - V-2	45	Tercio Central	15.69	18.53
3	H-1 - V-3	45	Tercio Central	14.95	18.19

$$f_r = \frac{PL}{bd^2}$$

Donde:

- fr : Resistencia a la flexión en kg/cm²
- P : Carga de rotura aplicada en kg
- L : Luz entre apoyos extremos en cm
- b : Ancho de la viga en cm
- d : Altura de viga en cm



GUADALUPE HUAMAN JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038



Kenny Anderson Osorio Mendoza
INGENIERO CIVIL

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS
(NTP 339.078)**

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URQUHUARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: jueves, 20 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL H-2

F^c DEL DISEÑO: F^c = 420 Kg/Cm²

IDENTIFICACION Y MEDIONES DE VIGAS

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES (cm)		
					LARGO	ANCHO	ALTURA
1	H-2 - V-1	20/07/2023	17/08/2023	28	54	15.33	15.67
2	H-2 - V-2	20/07/2023	17/08/2023	28	54	15.57	15.80
3	H-2 - V-3	20/07/2023	17/08/2023	28	54	15.43	15.63

RESULTADOS ENSAYO DE FLEXION

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	UBICACIÓN DE LA FRACTURA	CARGA MÁXIMA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN (kg/cm ²)
1	H-2 - V-1	45	Tercio Central	20.93	25.52
2	H-2 - V-2	45	Tercio Central	18.25	21.55
3	H-2 - V-3	45	Tercio Central	19.62	23.87

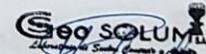
$$f_r = \frac{PL}{bd^2}$$

Donde:

- fr : Resistencia a la flexión en kg/cm²
- P : Carga de rotura aplicada en kg
- L : Luz entre apoyos extremos en cm
- b : Ancho de la viga en cm
- d : Altura de viga en cm



GUADALUPE HUAMAN JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038



Kenny Anderson Osorio Mendoza
ENTE ASESOR

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS
(NTP 339.078)**

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACION DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URQUIHUARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: martes, 18 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL H-3

F'c DEL DISEÑO: F'c = 420 Kg/Cm²

IDENTIFICACION Y MEDIONES DE VIGAS

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES (cm)		
					LARGO	ANCHO	ALTURA
1	H-3 - V-1	18/07/2023	15/08/2023	28	54	15.33	15.67
2	H-3 - V-2	18/07/2023	15/08/2023	28	54	15.57	15.80
3	H-3 - V-3	18/07/2023	15/08/2023	28	54	15.43	15.63

RESULTADOS ENSAYO DE FLEXION

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	UBICACIÓN DE LA FRACTURA	CARGA MÁXIMA (KN)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN (kg/cm ²)
1	H-3 - V-1	45	Tercio Central	20.77	25.32
2	H-3 - V-2	45	Tercio Central	21.82	25.76
3	H-3 - V-3	45	Tercio Central	27.07	32.93

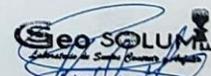
$$f_r = \frac{PL}{bd^2}$$

Donde:

- fr : Resistencia a la flexión en kg/cm²
- P : Carga de rotura aplicada en kg
- L : Luz entre apoyos extremos en cm
- b : Ancho de la viga en cm
- d : Altura de viga en cm



GUADALUPE HUAMAN JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038



Renny Anderson Osorno Mendoza
INTE. GENERAL

REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN


GUADALUPE HUMARÁN BULZO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 296038


Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
Kenny Anderson Osóres Mendoza
GERENTE GENERAL

**RESISTENCIA A LA TRACCION SIMPLE DEL HORMIGON, POR COMPRESION DIAMETRAL
(NTP 339.084)**

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACION DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URCHUJARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: lunes, 17 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL H-1

F'c DEL DISEÑO: F'c = 420 Kg/Cm2

IDENTIFICACION Y MEDIONES DE TESTIGOS

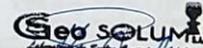
ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES (cm)	
					DIAMETRO	ALTURA
1	H-1 - P-1	17/07/2023	14/08/2023	28	10.38	20.46
2	H-1 - P-2	17/07/2023	14/08/2023	28	10.30	20.40
3	H-1 - P-3	17/07/2023	14/08/2023	28	10.32	20.36

RESULTADOS ENSAYO DE TRACCION

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A TENSION INDIRECTA (kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
1	H-1 - P-1	100.38	10235.75	30.69	2
2	H-1 - P-2	87.81	8953.99	27.13	2
3	H-1 - P-3	97.81	9973.69	30.23	2



GUADALUPE HUAMAN MADO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038



Kenny Anderson Goeres Mendoza

RESISTENCIA A LA TRACCION SIMPLE DEL HORMIGON, POR COMPRESION DIAMETRAL
(NTP 339.084)

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACION DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URCUHUARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: sábado, 15 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL H-2

F'c DEL DISEÑO: F'c = 420 Kg/Cm²

IDENTIFICACION Y MEDIONES DE TESTIGOS

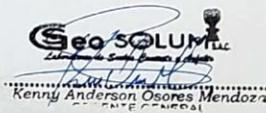
ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES (cm)	
					DIAMETRO	ALTURA
1	H-2 - P-1	15/07/2023	12/08/2023	28	10.22	20.29
2	H-2 - P-2	15/07/2023	12/08/2023	28	10.20	20.28
3	H-2 - P-3	15/07/2023	12/08/2023	28	10.3	20.26

RESULTADOS ENSAYO DE TRACCION

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A TENSION INDIRECTA (kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
1	H-2 - P-1	95.93	9781.98	30.01	2
2	H-2 - P-2	80.79	8236.16	25.35	2
3	H-2 - P-3	96.45	9835.01	30.01	2



GUADALUPE HUANAN JULIO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038



Kenny Anderson Osores Mendoza
INGENIERO CIVIL

**RESISTENCIA A LA TRACCION SIMPLE DEL HORMIGON, POR COMPRESION DIAMETRAL
(NTP 339.084)**

PROYECTO: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA $f_c=420$ kg/cm², MEDIANTE LA INCORPORACION DE HIDROGEL PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES 2023

PETICIONARIO: JEFFRY LUIS URCUHUARANGA GARAY

FECHA MOLDEO: martes, 18 de Julio de 2023

PROCEDENCIA DEL TESTIGO: GRUPO DE CONTROL H-3

F^c DEL DISEÑO: F^c = 420 Kg/Cm²

IDENTIFICACION Y MEDIONES DE TESTIGOS

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES (cm)	
					DIAMETRO	ALTURA
1	H-3 - P-1	18/07/2023	15/08/2023	28	10.22	20.22
2	H-3 - P-2	18/07/2023	15/08/2023	28	10.22	20.25
3	H-3 - P-3	18/07/2023	15/08/2023	28	10.11	20.28

RESULTADOS ENSAYO DE TRACCION

ÍTEM	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A TENSION INDIRECTA (kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
1	H-3 - P-1	100.27	10224.53	31.51	2
2	H-3 - P-2	92.16	9397.56	28.91	2
3	H-3 - P-3	95.20	9707.54	30.14	2



GUADALUPE VICAMANI JUJO AUGUSTO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038



Geo SOLUM S.A.C.
Lenny Anderson Osores Mendoza
INTE. CARRERA

Anexo 07. Certificado de calibración del equipo



Geo SOLUM S.A.C.
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto

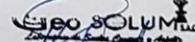
992 388 048
987 637 503
Geosolum.suelos2023@gmail.com
geosolum.sac2023 Geosolum Sac

Calle Crisantemos, manzana C, lote 14,
barrio Yauris, urbanización La Ribera II etapa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS



 **GUADALUPE HUMÁN JULIO AUGUSTO**
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 296038


Kenny Anderson Osorio Mendoza
GERENTE GENERAL

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° SCH - 499 - 2023

Página : 1 de 5

Expediente : TLPS-00230523-100050

Fecha de emisión : 23/05/2023

1. Solicitante : GEOSOLUM S.A.C

RUC : 20610517782

2. Instrumentos de Medición : HORNO

Marca del Equipo : MEMMERT

Modelo del Equipo : TV200

Número de serie : A294.0234

Marca del indicador : NO INDICA

Modelo de indicador : NO INDICA

Temperaturas Calibradas : 110 ± 10 °C

3. Lugar y fecha de Calibración

Lugar : Calle Crisantemos N°180, Manzana C Lote 14, Barrio Yauris - Huancayo

Fecha : 4/05/2023

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del servicio Nacional de Metrología del Indecopi.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMÓMETRO DIGITAL	JINKO	T-0029-2023	INACAL

6. Condiciones Ambientales

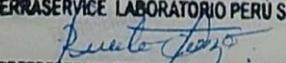
Magnitud	Inicial	Final
Temperatura °C	17.5	17.6
Humedad %	52%	52%

7. Observaciones

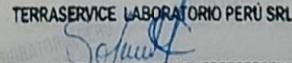
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL

01 323 9468
938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
JR. Andahuaylas N°477
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL


Gerzo Renato Rodríguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL


Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefa de Metrología



8. Resultados de medición

El horno se encuentra dentro de los rangos $110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

CALIBRACIÓN PARA 110°C											
Tiempo (min)	Ind ($^{\circ}\text{C}$) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS DOS POSICIONES DE MEDICIÓN ($^{\circ}\text{C}$)								T. prom. ($^{\circ}\text{C}$)	$\Delta\text{Tmax.} - \text{Tmin}$ ($^{\circ}\text{C}$)
		NIVEL INFERIOR				NIVEL SUPERIOR					
		1	2	3	4	5	6	7	8		
01	110.0	118.6	119.0	115.3	117.0	115.0	114.3	117.6	113.6	116.3	5.4
02	110.0	118.7	118.9	115.2	116.9	114.4	114.5	116.9	113.6	116.1	5.3
03	110.0	118.4	118.6	114.8	116.7	113.2	114.3	116.8	113.4	115.8	5.4
04	110.0	118.0	118.1	114.4	116.4	112.4	113.8	116.5	112.9	115.3	5.7
05	110.0	118.2	118.6	115.0	116.6	114.1	114.0	118.2	113.4	116.0	5.2
06	110.0	118.4	118.8	115.3	116.9	115.0	114.1	117.1	113.6	116.2	5.2
07	110.0	118.5	118.7	115.3	116.9	114.4	114.2	116.6	113.5	116.0	5.2
08	110.0	118.3	118.5	114.9	116.6	113.1	114.0	116.3	113.3	115.6	5.4
09	110.0	117.8	118.0	114.4	116.2	112.4	113.5	115.9	113.0	115.2	5.6
10	110.0	118.0	118.3	115.0	116.4	114.2	113.6	117.5	113.4	115.8	4.9
11	110.0	118.2	118.6	115.2	116.7	114.8	113.9	117.1	113.7	116.0	4.9
12	110.0	118.2	118.6	115.2	116.7	114.2	113.8	116.2	113.7	115.8	4.9
13	110.0	118.1	118.3	114.8	116.4	113.2	113.7	115.7	113.5	115.5	5.1
14	110.0	117.7	117.9	114.4	116.0	112.2	113.3	116.2	118.4	115.8	6.2
15	110.0	118.0	118.4	115.0	116.4	114.5	113.5	117.2	118.5	116.4	5.0
16	110.0	118.2	118.6	115.3	116.6	114.5	113.8	116.8	118.3	116.5	4.8
17	110.0	118.2	118.5	115.1	116.6	113.8	113.8	116.2	117.8	116.3	4.7
18	110.0	118.0	118.2	114.8	116.3	113.1	113.7	116.0	118.0	116.0	5.1
19	110.0	117.6	117.7	114.4	115.9	112.2	113.2	115.8	118.2	115.6	6.0
20	110.0	117.9	118.3	115.1	116.4	114.9	113.3	116.7	118.2	116.4	5.0
21	110.0	118.1	118.5	115.2	116.6	114.5	113.6	116.7	113.8	115.9	4.9
22	110.0	118.2	118.4	115.1	116.5	113.8	113.6	116.0	114.0	115.7	4.8
23	110.0	117.9	118.1	114.8	116.2	113.0	113.4	115.4	114.1	115.4	5.1
24	110.0	117.6	117.8	114.4	115.9	111.9	114.4	116.3	114.2	115.3	5.9
25	110.0	117.8	118.4	115.1	116.4	115.0	115.1	116.8	114.0	116.1	4.4
26	110.0	118.1	118.4	115.2	116.6	114.3	115.2	116.7	113.5	116.0	4.9
27	110.0	118.1	118.3	115.1	116.5	113.8	115.1	115.9	113.6	115.8	4.7
28	110.0	117.8	118.0	114.7	116.2	112.9	114.7	115.0	114.4	115.5	5.1
29	110.0	117.6	117.8	114.5	116.0	113.0	113.0	116.4	115.0	115.4	4.8
30	110.0	118.0	118.4	115.2	116.5	114.7	113.4	116.4	115.2	116.0	5.0
31	110.0	118.1	118.4	115.2	116.6	114.5	114.4	116.8	115.2	116.2	4.0
32	110.0	118.1	118.4	115.1	116.5	113.6	115.1	115.8	114.8	115.9	4.8
33	110.0	117.8	117.9	114.6	116.1	112.7	115.2	115.5	114.4	115.5	5.2
34	110.0	117.7	117.9	114.6	116.1	113.2	115.1	116.6	115.0	115.8	4.7
35	110.0	118.0	118.4	115.2	116.5	114.5	114.7	117.1	115.3	116.2	3.9
36	110.0	118.0	118.4	115.2	116.6	114.4	113.7	116.6	115.1	116.0	4.7
37	110.0	118.0	118.2	115.0	116.5	113.6	113.6	115.7	117.7	116.0	4.6
38	110.0	117.7	117.9	114.6	116.1	112.6	113.4	115.8	118.3	115.8	5.7
39	110.0	117.7	118.0	114.8	116.2	113.6	113.1	116.8	118.5	116.1	5.4
40	110.0	118.0	118.4	115.2	116.6	114.8	113.6	117.2	119.0	116.6	5.4

01 323 9468
938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
JR. Andahuaylas N°477
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL
Gerzo Renate Rodríguez Bazalar
Gerzo Renate Rodríguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL
Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefe de Metrología



41	110.0	118.0	118.3	115.3	116.6	114.2	116.4	116.4	113.4	116.1	4.9
42	110.0	118.0	118.2	114.9	116.4	113.4	116.0	115.6	113.6	115.8	4.8
43	110.0	117.7	117.8	114.5	116.1	112.2	113.3	115.9	113.5	115.1	5.6
44	110.0	117.7	118.1	114.8	116.2	114.6	113.3	116.7	113.3	115.6	4.8
45	110.0	118.0	118.4	115.2	116.6	114.8	113.7	116.8	113.0	115.8	5.4
46	110.0	118.1	118.3	115.2	116.6	113.9	113.7	116.1	113.4	115.7	4.9
47	110.0	117.9	118.1	114.8	116.4	113.2	113.4	115.6	113.7	115.4	4.9
48	110.0	117.5	117.6	114.4	116.0	112.1	113.1	115.9	113.7	115.0	5.5
49	110.0	117.8	118.1	114.9	116.3	114.4	113.3	116.7	113.5	115.6	4.8
50	110.0	118.1	118.3	115.2	116.6	114.6	113.8	117.5	113.2	115.9	5.1
51	110.0	118.0	118.3	115.1	116.6	114.0	116.4	116.6	113.5	116.1	4.8
52	110.0	117.9	118.1	114.8	116.4	113.0	116.0	115.8	113.7	115.7	5.1
53	110.0	117.5	117.7	114.4	116.0	112.2	113.2	116.2	115.1	115.3	5.5
54	110.0	118.2	118.6	115.0	116.6	114.1	114.4	118.2	114.8	116.2	4.5
55	110.0	118.4	118.8	115.3	116.9	115.0	115.1	117.1	114.4	116.4	4.4
56	110.0	118.5	118.7	115.3	116.9	114.4	115.2	116.6	115.1	116.3	4.3
57	110.0	118.3	118.5	114.9	116.6	113.1	115.1	116.3	115.2	116.0	5.4
58	110.0	117.8	118.0	114.4	116.2	112.4	114.7	115.9	115.1	115.6	5.6
59	110.0	118.0	118.3	115.0	116.4	114.2	113.6	117.5	114.7	116.0	4.7
60	110.0	118.2	118.6	115.2	116.7	114.8	113.9	117.1	114.5	116.1	4.7
T. PROM	110.0	118.1	118.4	115.0	116.5	113.8	114.7	116.8	114.5		
T. MAX	110.0	118.5	118.8	115.3	116.9	115.0	116.4	118.2	115.2		
T. MIN	110.0	117.5	117.7	114.4	116.0	112.2	113.2	115.8	113.2		
DTT	0.0	1.0	1.1	0.9	0.9	2.8	3.2	2.4	2.0		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	116.8	0.3
Mínima Temperatura Medida	115.0	2.1
Desviación de Temperatura en el Tiempo	3.2	0.9
Desviación de Temperatura en el Espacio	4.6	0.3
Estabilidad Media (+ O -)	6.2	2.3
Uniformidad	5.0	0.4

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición certificado y fecha de calibración de la empresa TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL promedios de temperatura registradas en ambas posiciones. La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor la incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido de cobertura k=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%, multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor

01 323 9468
938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
JR. Andahuaylas N°477
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com

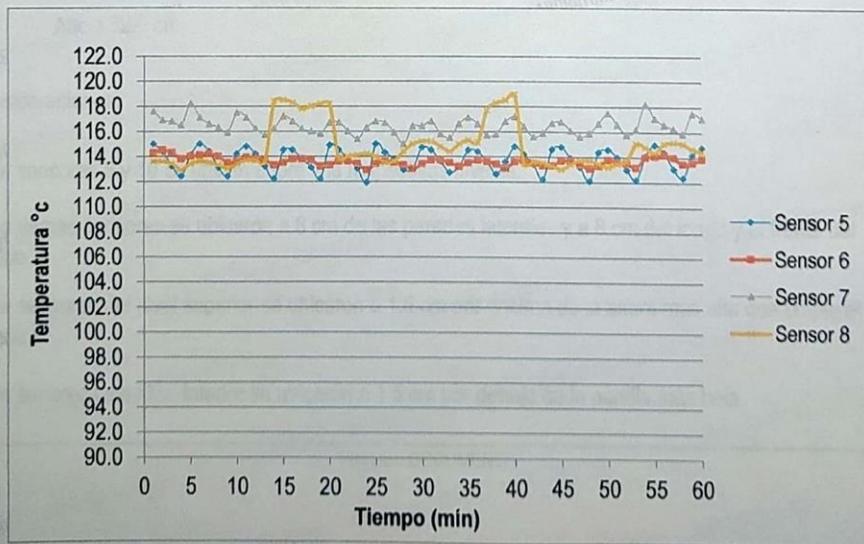
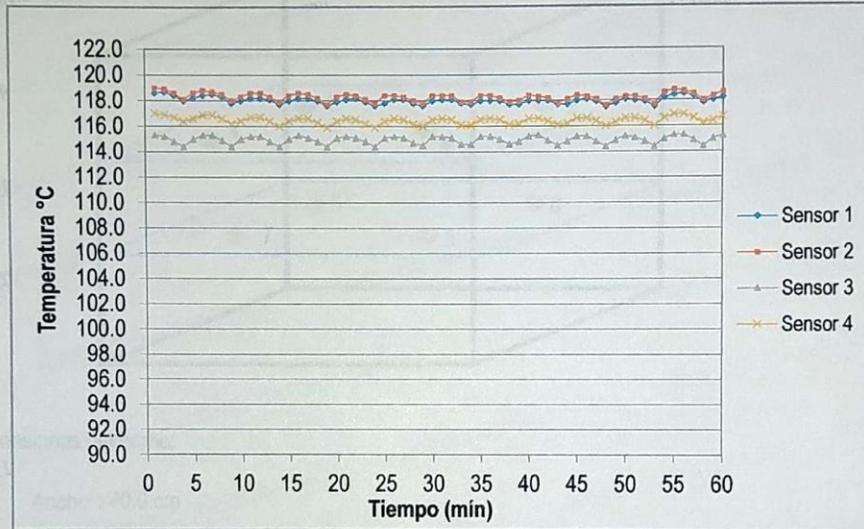
TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL
Gerzo Renato Rodríguez Bazalar
Gerzo Renato Rodríguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL
Ing. Br. Diana S. Montenegro Carhuas
Ing. Br. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefe de Metrología

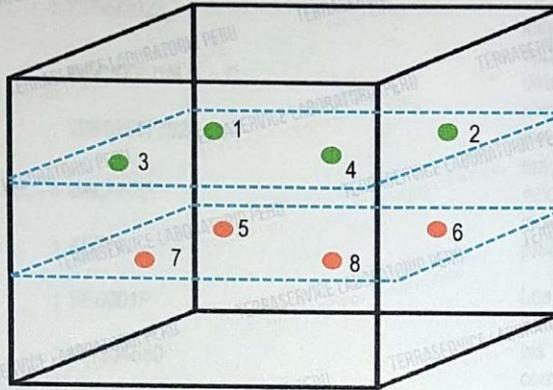


9. Gráficas de los resultados de medición

TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C



10. Dimensiones internas:



Dimensiones del horno:

Ancho : 40.0 cm

Largo : 25.0 cm

Alto : 32.0 cm

Consideraciones:

- * Los sensores 5 y 10 se ubican sobre sus respectivos niveles.
- * Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y el frente del equipo.
- * Los sensores del nivel superior se ubicaron a 1.5 cm por encima de la altura mas alta que emple el usuario.
- * Los sensores del nivel inferior se ubicaron a 1.5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LMS - 2105 - 2023

Página: 1 de 3

Expediente : TLPS-00230523-100050

Fecha de Emisión : 23/05/2023

1. Solicitante : GEOSOLUM S.A.C

RUC : 20610517782

2. Instrumento de medición : BALANZA

Marca : KERN

Modelo : SE6001F

Número de serie : W1204580

Alcance de Indicación : 4210 g

Division de Escala de Verificación (e) : 0.01 g

Division de Escala Real (d) : 0.01 g

Tipo : ELECTRÓNICA

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III Y IIII del SNM-INDECOPI.

4. Lugar y fecha de Calibración

Lugar : Calle Crisantemos N°180, Manzana C Lote 14, Barrio Yauris - Huancayo

Fecha : 4/05/2023

5. Condiciones Ambientales

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura (C°)	17.5	17.5
Humedad Relativa	52%	52%

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores de terminados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L no se responsabiliza de los prejuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
INACAL	PESAS PATRÓN CLASE M1	0185 - LM - 2023

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p) para esta balanza corresponden a los e.m.p para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

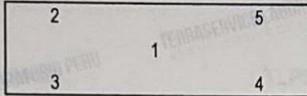
Medición N°	Carga L1 = 2000,0 g			Carga L2 = 4000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E(g)
1	2000.01	0.06	-0.04	4000.00	0.08	-0.07
2	2000.00	0.05	-0.04	4000.01	0.03	-0.01
3	2000.00	0.09	-0.08	4000.00	0.06	-0.05
4	2000.01	0.08	-0.06	4000.00	0.08	-0.07
5	2000.00	0.06	-0.05	4000.00	0.09	-0.09
6	2000.00	0.07	-0.06	4000.01	0.07	-0.05
7	2000.01	0.08	-0.06	4000.00	0.07	-0.07
8	2000.01	0.08	-0.06	4000.01	0.08	-0.06
9	2000.00	0.06	-0.05	4000.00	0.09	-0.09
10	2000.00	0.08	-0.07	4000.00	0.01	0.00
Diferencia Máxima		0.04				0.08
Error max permitido ±	0,3 g			± 3,0g		

☎ 01 323 9468
☎ 938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
☎ JR. Andahuaylas N°477
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL
Gerzo Renato Rodríguez Bazalar
Gerzo Renato Rodríguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL
Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefa de Metrología





Vista frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del error corregido				Ec (g)
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga (g)	l (g)	ΔL (g)	E(g)	
1.00	0.01	0.01	0.09	-0.09	1200.0	1200.0	0.08	-0.07	0.01
2.00		0.01	0.03	-0.03		1200.0	0.07	-0.06	-0.04
3.00		0.01	0.05	-0.05		1200.0	0.06	-0.05	-0.01
4.00		0.01	0.04	-0.04		1200.0	0.03	-0.02	0.01
5.00		0.01	0.07	-0.07		1200.0	0.08	-0.07	-0.01

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 0,2 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp (**) ±(g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0.01	0.01	0.09	-0.09						0.1
2.00	2.00	0.04	-0.04	0.05	2.0	0.04	-0.04	0.05	0.1
5.0	5.0	0.05	-0.04	0.04	5.0	0.05	-0.04	0.04	0.1
50.0	50.0	0.06	-0.05	0.03	50.0	0.03	-0.02	0.06	0.1
100.0	100.0	0.08	-0.08	0.01	100.0	0.05	-0.05	0.04	0.1
500.0	500.0	0.07	-0.06	0.02	500.0	0.06	-0.06	0.03	0.1
1000.0	1000.0	0.06	-0.05	0.03	1000.0	0.07	-0.07	0.02	0.2
1500.0	1500.0	0.05	-0.04	0.04	1500.0	0.05	-0.04	0.04	0.2
2000.0	1999.9	0.09	-0.18	0.04	2000.0	0.05	-0.04	0.04	0.2
2500.0	2500.0	0.13	-0.13	-0.10	2500.0	0.05	-0.05	0.04	
3000.0	3000.0	0.06	-0.05	0.03	3000.1	0.04	0.07	0.15	0.3
4000.0	4000.0	0.04	-0.03	0.05	4000.0	0.03	-0.03	0.06	0.3

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000466 \times R$$

$$U_R = \sqrt{0,00366 \times g^2 + 0,00000000733 \times R^2}$$

R: Δ Lectura de Balanza

R: Lectura de Balanza

Δ L: Carga Incrementado

E: Error Encontrado

E₀: Error en Cero

E_c: Error Corregido

01 323 9468

938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207

JR. Andahuaylas N°477

San Martín de Porres - Lima

RUC: 20603356781

www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL

Gerzo Renato Rodriguez Bazalar
Gerzo Renato Rodriguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL

Ing. Br. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Ing. Br. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefe de Metrología



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LMS - 2104 - 2023

Página: 1 de 3

Expediente : TLPS-00230523-100050

Fecha de Emisión : 23/05/2023

1. Solicitante : GEOSOLUM S.A.C

RUC : 20610517782

2. Instrumento de medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : TAJ4001

Número de serie : NO INDICA

Alcance de Indicación : 4000 g

Division de Escala de Verificación (e) : 1 g

Division de Escala Real (d) : 1 g

Tipo : ELECTRÓNICA

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III Y IIII del SNM-INDECOPI.

4. Lugar y fecha de Calibración

Lugar : Calle Crisantemos N°180, Manzana C Lote 14, Barrio Yauris - Huancayo

Fecha : 4/05/2023

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores de terminados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L no se responsabiliza de los prejuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

5. Condiciones Ambientales

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura (C°)	16.7	16.8
Humedad Relativa	53%	53%

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
INACAL	PESAS PATRÓN CLASE M1	0185 - LM - 2023

7. Observaciones

Los errores maximos permitidos (e.m.p) para esta balanza corresponden a los e.m.p para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automatico.

Se coloco una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

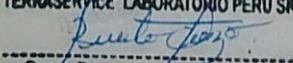
8. Resultados de Medición

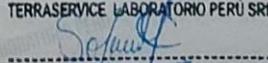
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

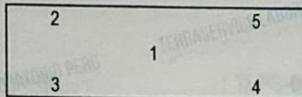
Medicion N°	Carga L1 = 2000,0 g			Carga L2 = 4000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2000.0	0.06	0.44	4000.0	0.08	0.42
2	2000.0	0.05	0.45	4000.0	0.03	0.47
3	2000.0	0.09	0.41	4000.0	0.06	0.44
4	2000.0	0.08	0.42	4000.0	0.08	0.42
5	2000.0	0.06	0.44	4000.0	0.09	0.41
6	2000.0	0.07	0.43	4000.0	0.07	0.43
7	2000.0	0.08	0.42	4000.0	0.07	0.43
8	2000.0	0.08	0.42	4000.0	0.08	0.42
9	2000.0	0.06	0.44	4000.0	0.09	0.41
10	2000.0	0.08	0.42	4000.0	0.01	0.49
Diferencia Máxima		0.04				0.08
	0,3 g	3,0 g		±		3,0g

☎ 01 323 9468
 📞 938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
 📍 JR. Andahuaylas N°477
 San Martín de Porres - Lima
 RUC: 20603356781
 www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL

Gerzo Renato Rodríguez Bazalar
 Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL

Ing. BI. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
 Jefe de Metrología





Vista frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del error corregido				E _c (g)
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga (g)	l (g)	ΔL (g)	E(g)	
1.00	1.00	1.0	0.09	0.41	1200.0	1200.0	0.08	0.42	0.01
2.00		1.0	0.06	0.44		1200.0	0.07	0.43	-0.01
3.00		1.0	0.05	0.45		1200.0	0.06	0.44	-0.01
4.00		1.0	0.08	0.42		1200.0	0.07	0.43	0.01
5.00		1.0	0.07	0.43		1200.0	0.08	0.42	-0.01

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 0,2 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp (**) ±(g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1.0	1.0	0.09	-0.04						0.1
5.0	5.0	0.05	0.00	0.04	5.0	0.04	0.01	0.00	0.1
50.0	50.0	0.06	-0.01	0.03	50.0	0.03	0.02	0.01	0.1
100.0	100.0	0.08	-0.03	0.01	100.0	0.05	0.00	-0.01	0.1
500.0	500.0	0.07	-0.02	0.02	500.0	0.06	-0.01	-0.02	0.1
1000.0	1000.0	0.06	-0.01	0.03	1000.0	0.07	-0.02	-0.03	0.2
1500.0	1500.0	0.05	0.00	0.04	1500.0	0.05	0.00	-0.01	0.2
2000.0	1999.9	0.09	-0.14	-0.10	2000.0	0.05	0.00	-0.01	0.2
2500.0	2499.9	0.07	-0.12	-0.08	2500.0	0.06	-0.01	-0.02	0.2
3000.0	3000.0	0.06	-0.01	0.03	3000.1	0.04	0.11	0.10	0.3
4000.0	5000.0	0.04	1000.01	1000.05	4000.0	0.03	0.02	0.01	0.3

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000338 \times R$$

$$U_R = \sqrt{0,00355 \times g^2 + 0,00000000723 \times R^2}$$

R: Δ Lectura de Balanza

R: Lectura de Balanza Δ L: Carga Incrementad E: Error Encontrado E₀: Error en Cero E_c: Error Corregido

☎ 01 323 9468

☎ 938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207

📍 JR. Andahuaylas N°477

San Martín de Porres - Lima

RUC: 20603356781

www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL

Gerzo Renato Rodríguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL

Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefa de Metrología



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LMS - 4124 - 2023

Página: 1 de 3

Expediente : TLPS-00230523-100050

Fecha de Emisión : 23/05/2023

1. Solicitante : GEOSOLUM S.A.C

RUC : 20610517782

2. Instrumento de medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : R31P30

Número de serie : 8341406567

Alcance de Indicación : 30 kg

Division de Escala de Verificación (e) : 1 g

Division de Escala Real (d) : 1g

Procedencia : USA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

3. Método de Calibración

El estudio se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ra Edición, 2010; procedimiento para la calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I Y II de INACAL-DMI.

4. Lugar y fecha de Calibración

Lugar : Calle Crisantemos N°180, Manzana C Lote 14, Barrio Yauris - Huancayo

Fecha : 4/05/2023

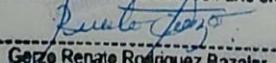
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores de terminados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L no se responsabiliza de los prejuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

☎ 01 323 9468
📠 938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
📍 JR. Andahuaylas N°477
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL


Gerzo Renato Rodriguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL


Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefe de Metrología



5. Condiciones Ambientales

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	18.4	17.0
Humedad Relativa	47%	48%

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
INACAL	PESAS PATRÓN CLASE M2 DE 100mg a 5kg	0185-LM-2023
INACAL	PESA PATRON CLASE M1 10kg	065-CM-M-2021
INACAL	PESA PATRON CLASE M1 20kg	066-CM-M-2022

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p) para esta balanza corresponden a los e.m.p para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

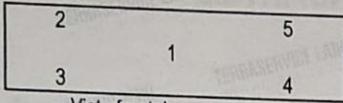
Medición N°	Carga L1 = 15000,0 g			Carga L2 = 30000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	0.8	-0.3	30000	0.7	-0.2
2	15000	0.5	0.0	30000	0.8	-0.3
3	15000	0.5	0.0	30000	0.8	-0.3
4	15000	0.7	-0.2	30000	0.7	-0.2
5	15000	0.8	-0.3	30000	0.6	-0.1
6	15000	0.6	-0.1	30000	0.5	0.0
7	15000	0.7	-0.2	30000	0.6	-0.1
8	15000	0.5	0.0	30000	0.9	-0.4
9	15000	0.6	-0.1	30000	0.9	-0.4
10	15000	0.6	-0.1	30000	0.7	-0.2
Diferencia Máxima			0.3			0.4
Error max permitido ±	2 g			± 3 g		

01 323 9468
938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
JR. Andahuaylas N°477
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL
Gerzo Renate Rodríguez Bazalar
Gerzo Renate Rodríguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL
Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefe de Metrología





Vista frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀			Determinación del error corregido			Ec (g)		
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga (g)	l (g)		ΔL (g)	E (g)
1	5	5	0.9	-0.40	10000	10000	0.7	-0.2	0.20
2		5	0.8	-0.30		10000	0.9	-0.4	-0.10
3		5	0.6	-0.10		10000	0.7	-0.2	-0.10
4		5	0.7	-0.20		10000	0.5	0.0	0.20
5		5	0.7	-0.20		10000	0.9	-0.4	-0.20

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 2 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp (**) ±(g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0.8	-0.3						1
50	50	0.8	-0.3	0.0	50	0.4	0.1	0.0	1
100	100	0.7	-0.2	0.1	100	0.7	-0.2	-0.3	1
500	500	0.7	-0.2	0.1	500	0.6	-0.1	-0.2	1
1000	1000	0.5	0.0	0.3	1000	0.7	-0.2	-0.3	1
5000	4999	0.8	-1.3	-1.0	4999	0.8	-1.3	-1.4	1
10000	10000	0.9	-0.4	-0.1	10000	0.8	-0.3	-0.4	2
15000	15000	0.5	0.0	0.3	15000	0.6	-0.1	-0.2	2
20000	20000	0.7	-0.2	0.1	20000	0.5	0.0	-0.1	2
25000	25000	0.5	0.0	0.3	25000	0.9	-0.4	-0.5	3
30000	30000	0.4	0.1	0.4	30001	0.6	0.9	0.8	3

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,00000692 \times R$$

$$U_R = \sqrt{0,482 \text{ g}^2 + 0,0000000201 \times R^2}$$

R: Δ Lectura de Balanza

R: Lectura de Balanza Δ L: Carga Incrementada E: Error Encontrado E₀: Error en Cero E_c: Error Corregido

☎ 01 323 9468
☎ 938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
📍 JR. Andahuaylas N°477
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL
Renato Rodríguez
Gerzo Renato Rodríguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL
Diana S. Montenegro Carhuas
Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefe de Metrología



CERTIFICADO DE CALIBRACION N° PDLS - 1015 - 2023

Expediente : TLPS-00230523-100050

Fecha de emisión : 23/05/2023

1.Solicitante : GEOSOLUM S.A.C

RUC : 20610517782

2.Descripción del equipo : PRENSA DE CONCRETO

Marca de Prensa : ELE INTERNATIONAL

Modelo de Prensa : A

Número de serie : 3482-0014

Modelo del indicador : Modelo del indicador

N/S del indicador : 1887-1-00688

3. Lugar y fecha de calibración

Lugar de calibración : Calle Crisantemos N°180, Manzana C Lote 14, Barrio Yauris - Huancayo

Fecha de calibración : 4/05/2023

4. Método de calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

5. Tranzabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	TERRASERVICE	INF-LE 068-23A	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	TERRASERVICE		

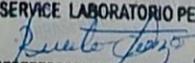
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores de terminados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

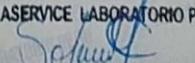
Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L no se responsabiliza de los prejuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

☎ 01 323 9468
 📞 938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
 📍 JR. Andahuaylas N°477
 San Martín de Porres - Lima
 RUC: 20603356781
 www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL

 Gerzo Renato Rodriguez Bazalar
 Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL

 Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
 Jefe de Metrología



6. Condiciones Ambientales

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura °C	18.4	18.4
Humedad %	49%	49%

7. Resultados de la Medición

TABLA 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN		SERIES VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
		SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
0	0	0	0	-	-	-	-	-
101.2	100.8	103.2	103.9	-1.9	-3.0	103.6	-2.5	-1.0
201.8	202.5	204.1	204.8	-1.1	-1.1	204.5	-1.1	0.0
301.2	300.8	302.4	302.4	-0.4	-0.5	302.4	-0.5	-0.1
400.8	400.0	402.5	401.8	-0.4	-0.4	402.2	-0.4	0.0
500.2	500.5	503.7	503.5	-0.7	-0.6	503.6	-0.6	0.1
600.6	600.0	603.1	603.7	-0.4	-0.6	603.4	-0.5	-0.2
700.2	700.6	705.3	706.3	-0.7	-0.8	705.8	-0.8	-0.1
801.1	800.8	804.6	805.2	-0.4	-0.5	804.9	-0.5	-0.1

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100$$

$$Rp = \text{Error (2)} - \text{Error (1)}$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación: $R^2 = 1$

4.- Ecuación de ajuste: $y = 0.9954x - 0.7671$ Donde: Y: Lectura de Pantalla X: Fuerza promedio (kN)

01 323 9468
938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
JR. Andahuaylas N°477
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL

Gerzo Renato Rodríguez Bazalar
Gerzo Renato Rodríguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ SRL

Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Ing. B. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefe de Metrología



8. Gráficos de los datos de la medición

GRÁFICO N°1

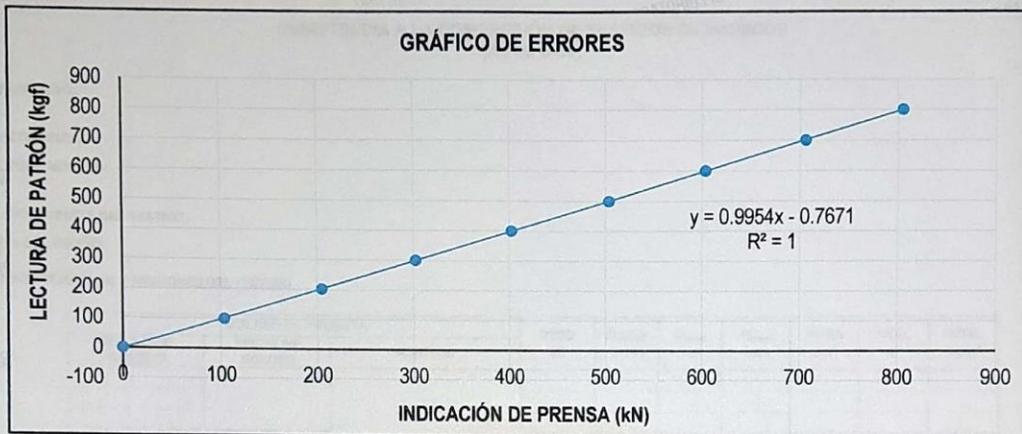
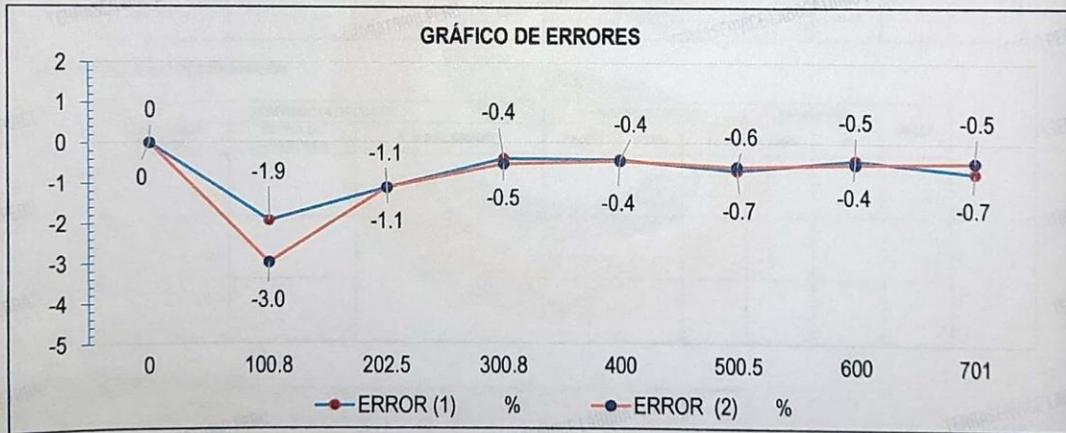


GRÁFICO N° 2



9. Observaciones

La prensa de concreto cuenta con datos que se encuentran dentro del rango permitido según norma.

Los datos tomados demuestran que la prensa tiene errores mínimos comparados con los valores de nuestro patrón, por ello, en este certificado hemos indicado la ecuación con la que el responsable de la máquina debe trabajar.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de Certificación y fecha de calibración de la empresa TERRASERVICE LABORATORIO PERÚ S.R.L.

☎ 01 323 9468
☎ 938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207
📍 JR. Andahuaylas N°477
San Martín de Porres - Lima
RUC: 20603356781
www.terraservicelaboratorioperu.com

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL
Gerzo Renato Rodriguez Bazalar
Gerzo Renato Rodriguez Bazalar
Auxiliar de Metrología

TERRASERVICE LABORATORIO PERU SRL
Ing. Br. Diana S. Montenegro Carhuas
Ing. Br. DIANA S. MONTENEGRO CARHUAS
Jefe de Metrología



Anexo 08. Boleta de ensayos de laboratorio



GeoSOLUM
S.A.C.
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto

992 388 048
987 637 503
Geosolum.suelos2023@gmail.com
geosolum.sac2023 Geosolum Sac

Calle Crisantemos, manzana C, lote14,
barrio Yauris, urbanización La Ribera II etapa

GEOSOLUM S.A.C. CAL. CRISANTEMOS MZA. C LOTE. 14 URB. CRISANTEMOS HUANCAYO - HUANCAYO - JUNIN		BOLETA DE VENTA ELECTRONICA RUC: 20610517782 EB01-1				
Fecha de Vencimiento : Fecha de Emisión : 01/09/2023 Señor(es) : JEFFRY LUIS URCUHUARANGA DNI : GARAY DNI : 47184549 Tipo de Moneda : SOLES Observación :						
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	DISEÑO DE CONCRETO, CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO, ENSAYOS MECANICOS A ESPECIMENES DE CONCRETO.	1600.00	0.00	1,600.00	0.00
Otros Cargos : S/ 0.00 Otros Tributos : S/0.00 ICBPER : S/ 0.00 Importe Total : S/1,600.00						
(*) Sin impuestos. (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.			SON: UN MIL SEISCIENTOS Y 00/100 SOLES Op. Gravada : S/ 0.00 Op. Exonerada : S/ 0.00 Op. Inafecta : S/ 1,600.00 ISC : S/ 0.00 IGV : S/ 0.00 ICBPER : S/ 0.00 Otros Cargos : S/ 0.00 Otros Tributos : S/ 0.00 Monto de Redondeo : S/ 0.00 Importe Total : S/ 1,600.00			
Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe , en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.						

Anexo 09. Ficha técnica del aditivo superplastificante FLUXCRETE

HOJA DE DATOS TÉCNICOS
Rev. 06, agosto 2019



FLUXCRETE 51 SH ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE DE ALTO DESEMPEÑO							
<p>1. DESCRIPCIÓN <i>FLUXCRETE 51 SH</i> es un poderoso hiperplastificante de tercera generación para concretos y morteros, pertenece a una nueva generación de aditivos basados en la tecnología del poliacrilato. Está especialmente formulado para la producción de concreto que requiere de un rápido desarrollo de resistencia inicial, alta reducción de agua y excelente trabajabilidad, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto comportamiento autocompactante.</p>	<p>Para todos los casos se recomienda realizar pruebas preliminares para verificar el fraguado y la resistencia que se utilizarán en el proyecto. No debe ser vertido en agregados y el concreto seco, ya que se obtendría una reducción de su performance debido a la absorción de parte del aditivo con los agregados. Para mayor información, contactarse con su representante técnico de SOQUIMIC S.A.C.</p>						
<p>2. VENTAJAS Y BENEFICIOS <i>FLUXCRETE 51 SH</i> se obtienen las siguientes propiedades en el concreto:</p> <ul style="list-style-type: none">• Alta reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia inicial elevada).• Como reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace• adecuado para la producción de concreto fluido.• Alta Impermeabilidad.• Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).• Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.• Rheología controlada• Aumenta la durabilidad del concreto.• Reduce la exudación y la segregación.• Produce concretos cohesivos y sin Segregación• Incrementa la vida de servicio de las estructuras.	<p>6. RECOMENDACIÓN Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.</p>						
<p>3. DATOS TÉCNICOS</p> <table><tr><td>Apariencia</td><td>Líquido</td></tr><tr><td>Color</td><td>Marrón claro - oscuro</td></tr><tr><td>Densidad</td><td>1.10 Kg/l</td></tr></table>	Apariencia	Líquido	Color	Marrón claro - oscuro	Densidad	1.10 Kg/l	<p>7. PRESENTACIÓN <i>FLUXCRETE 51 SH</i> se suministra en:</p> <ul style="list-style-type: none">• Cilindros de 208 litros.• Tanques de 1000 litros.• A granel (para consumo masivo).
Apariencia	Líquido						
Color	Marrón claro - oscuro						
Densidad	1.10 Kg/l						
<p>4. NORMA / ESPECIFICACIONES <i>FLUXCRETE 51 SH</i>, cumple con los requisitos de la norma ASTM C494 Tipo A y F.</p>	<p>8. ALMACENAMIENTO <i>FLUXCRETE 51SH</i>, si se almacena en su envase original bien cerrado, bajo las condiciones óptimas de almacenaje, tiene una vida útil de 12 meses como mínimo a temperaturas entre 5 °C y 35 °C. Para mayor información contactarse con su representante técnico de SOQUIMIC S.A.C.</p>						
<p>5. DOSIFICACIÓN Se recomienda dosificar al aditivo <i>FLUXCRETE 51 SH</i> en un rango de: Para concretos plásticos. Del 0.6% al 0.12% del peso del contenido cementicio. Para concretos fluidos. Del 1.2% al 2.4% del peso del contenido cementicio.</p>	<p>9. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.</p>						
	<p>10. OBSERVACIONES Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte a su representante técnico de SOQUIMIC S.A.C. Los datos presentes en esta hoja técnica son referenciales.</p>						