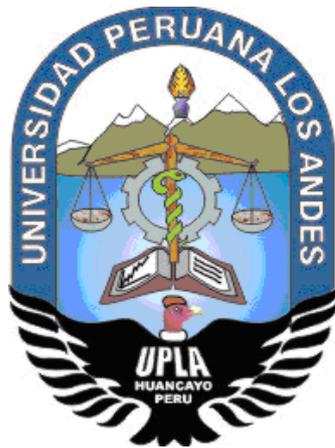


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS  
PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO  
FRESCO Y ENDURECIDO**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. CHOCA RAMOS, IVAN LIONEL.**

**Línea de Investigación Institucional:**

Nuevas tecnologías y procesos.

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Huancayo – Perú**

**2020**

Ing. Christian Mallaupoma Reyes.

**Asesor**

### **Dedicatoria**

“Este trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios todopoderoso, por ser mi fortaleza y fuente de apoyo cuando sentía que no podría alcanzar mis sueños y metas”

Ivan Lionel Choca Ramos.

### **Agradecimiento**

Agradezco a los docentes de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Los Andes, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al Ing. Julio B. Nakandakare Santana (Q.E.P.D.) y al Ing. Christian Mallaupoma Reyes asesor de mi proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia y rectitud como docente.

Ivan Lionel Choca Ramos.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Ruben Dario Tapia Silquera.  
Presidente

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.  
Secretario docente

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>18</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>18</b>
1.1. Planteamiento del problema	18
1.2. Formulación y sistematización del problema	19
1.2.1. Problema general	19
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Justificación	19
1.3.1. Práctica	19
1.3.2. Justificación metodológica	20
1.4. Delimitaciones	20
1.4.1. Espacial	20
1.4.2. Temporal	20
1.4.3. Económica	21
1.5. Limitaciones	21
1.6. Objetivos	21
1.6.1. Objetivo general	21
1.6.2. Objetivos específicos	21
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>22</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>22</b>
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Antecedentes internacionales	22
2.1.2. Antecedentes nacionales	24
2.2. Marco conceptual	25
2.2.1. Vidrio	25
2.2.2. Composición del vidrio	26
	vi

2.2.3. Propiedades físicas del vidrio	26
2.2.4. Tipos de vidrio	27
2.2.5. Reacciones expansivas en el hormigón	27
2.2.6. El vidrio en el concreto	29
2.2.7. Asentamiento	31
2.2.8. Contenido de aire en el concreto	33
2.2.9. Temperatura de concreto	35
2.2.10. Peso unitario y rendimiento	35
2.2.11. Fragua	38
2.2.12. Exudación	39
2.2.13. Resistencia a la compresión	42
2.3. Definición de términos	43
2.4. Hipótesis	44
2.4.1. Hipótesis general	44
2.4.2. Hipótesis específicas	44
2.5. Variables	45
2.5.1. Definición conceptual de las variables	45
2.5.2. Definición operacional de las variables	45
2.5.3. Operacionalización de las variables	45
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>46</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>46</b>
3.1. Método investigación	46
3.2. Tipo de investigación	46
3.3. Nivel de investigación	47
3.4. Diseño de investigación	47
3.5. Población y muestra	47
3.5.1. Población	47
3.5.2. Muestra	47
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
3.6.1. Técnicas	48
3.6.2. Instrumento	48
3.7. Procedimiento de recolección de datos	49

3.8. Técnicas y análisis de datos	49
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>50</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>50</b>
4.1. Influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco.	50
4.1.1. Asentamiento	50
4.1.2. Contenido de aire	51
4.1.3. Temperatura	53
4.1.4. Peso unitario y rendimiento	55
4.2. Relación entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido.	59
4.2.1. Resistencia a la compresión	59
4.2.2. Resistencia a la flexión	69
4.3. Estimación del costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto.	78
4.4. Prueba de hipótesis	80
4.4.1. Prueba de normalidad de los resultados	80
4.4.2. Contraste de hipótesis general	81
4.4.3. Contrastación de hipótesis específica 1	84
4.4.4. Contrastación de la de hipótesis específica 2	86
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>89</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>89</b>
5.1. Influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco.	89
5.1.1. Asentamiento	89
5.1.2. Contenido de aire	90
5.1.3. Temperatura	90
5.1.4. Peso unitario y rendimiento	91
5.2. Relación entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido.	91
5.2.1. Resistencia a la compresión	91
5.2.2. Resistencia a la flexión	92

5.3. Estimación del costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto.	92
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>94</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>96</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO N° 02: INFORME DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO</b>	<b>103</b>
<b>ANEXO N° 03: INFORME DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO N° 04: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN</b>	<b>173</b>
<b>ANEXO N° 05: PANEL FOTOGRÁFICO</b>	<b>180</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clases de mezclas según su asentamiento.	31
Tabla 2. Dimensión del molde.	32
Tabla 3. Capacidad nominal en L.	36
Tabla 4. Tiempos programados para la rotura.	43
Tabla 5. Operacionalización de las variables.	45
Tabla 6. Muestras.	47
Tabla 7. Asentamiento del concreto en estado fresco según NTP 339.035 - ASTM C143.	50
Tabla 8. Contenido de aire de concreto en estado fresco según NTP 339.083 - ASTM C231.	51
Tabla 9. Contenido de aire promedio del concreto.	52
Tabla 10. Temperatura del concreto en estado fresco según NTP339.184 – ASTM C1064.	53
Tabla 11. Temperatura del concreto promedia.	54
Tabla 12. Peso unitario y rendimiento del concreto en estado fresco según NTP339.046 – ASTM C 138.	56
Tabla 13. Peso unitario y rendimiento promedio del concreto.	57
Tabla 14. Resistencia a la compresión simple del concreto patrón o convencional según NTP 339.034 - ASTM C 39.	60
Tabla 15. Resistencia a la compresión simple promedia del concreto patrón o convencional.	61
Tabla 16. Resistencia a la compresión simple del concreto con 8% de polvo de vidrio añadido según NTP 339.034 - ASTM C 39.	62
Tabla 17. Resistencia a la compresión simple promedia del concreto más 8% de polvo de vidrio.	63
Tabla 18. Resistencia a la compresión simple del concreto con 10% de polvo de vidrio añadido según NTP 339.034 - ASTM C 39.	64
Tabla 19. Resistencia a la compresión simple promedia del concreto más 10% de polvo de vidrio.	65
Tabla 20. Resistencia a la compresión simple del concreto con 12% de polvo de vidrio añadido según NTP 339.034 - ASTM C 39.	66

Tabla 21. Resistencia a la compresión simple promedia del concreto más 12% de polvo de vidrio.	67
Tabla 22. Resumen de la resistencia a la compresión simple del concreto.	68
Tabla 23. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto patrón o convencional según ASTM C 293.	69
Tabla 24. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto con 8% de polvo de vidrio añadido según ASTM C 293.	71
Tabla 25. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto con 10% de polvo de vidrio añadido según ASTM C 293.	73
Tabla 26. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto con 12% de polvo de vidrio añadido según ASTM C 293.	75
Tabla 27. Resistencia a la resistencia a la flexión en vigas de concreto.	76
Tabla 28. Costo del polvo de vidrio por kilogramo.	78
Tabla 29. Costo del concreto patrón o convencional.	78
Tabla 30. Costo del concreto con 8% de polvo de vidrio añadido.	78
Tabla 31. Costo del concreto con 10% de polvo de vidrio añadido.	79
Tabla 32. Costo del concreto con 12% de polvo de vidrio añadido.	79
Tabla 33. Estimación de costos del concreto convencional y con polvo de vidrio añadido.	79
Tabla 34. Prueba de normalidad de los datos.	80
Tabla 35. Prueba multivariante MANOVA para la hipótesis general.	82
Tabla 36. Correlación de Spearman para la hipótesis general.	83
Tabla 37. Valores del coeficiente de correlación de Spearman.	83
Tabla 38. Análisis multivariante para la hipótesis específica 1.	84
Tabla 39. Correlación de Spearman para la hipótesis específica 1.	85
Tabla 40. Prueba MANOVA para la prueba de la hipótesis específica 2.	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del laboratorio para ensayos de concreto.	20
Figura 2. Representación bidimensional de una red cristalina de sílice (a) sílice amorfa (b)	25
Figura 3. Expansión en barras de mortero con 1 0% de agregado de vidrio cristales.	30
Figura 4. Molde para ensayo de asentamiento.	32
Figura 5. Medidor tipo A.	34
Figura 6. Medidor tipo B.	34
Figura 7. Recipiente y cubierta metálica.	40
Figura 8. Detalle de la mesa vibratoria.	40
Figura 9. Variación del slump respecto al % de polvo de vidrio.	51
Figura 10. Contenido de aire del concreto respecto al % de polvo de vidrio añadido.	52
Figura 11. Variación del contenido de aire.	53
Figura 12. Variación de la temperatura.	54
Figura 13. Variación porcentual de la temperatura	55
Figura 14. Peso unitario del concreto en estado fresco respecto al % de polvo de vidrio añadido.	57
Figura 15. Variación porcentual del peso unitario.	58
Figura 16. Rendimiento del concreto en estado fresco respecto al % de polvo de vidrio añadido.	58
Figura 17. Variación porcentual del rendimiento.	59
Figura 18. Resistencia a la compresión simple del concreto patrón o convencional.	61
Figura 19. Resistencia a la compresión simple del concreto más 8% de polvo de vidrio.	63
Figura 20. Resistencia a la compresión simple del concreto más 10% de polvo de vidrio.	65
Figura 21. Resistencia a la compresión simple del concreto más 12% de polvo de vidrio.	67

Figura 22. Resistencia a la compresión simple del concreto respecto al % de polvo de vidrio.	68
Figura 23. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto patrón o convencional.	70
Figura 24. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto más 8% de polvo de vidrio.	72
Figura 25. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto más 10% de polvo de vidrio.	74
Figura 26. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto más 12% de polvo de vidrio.	76
Figura 27. Resistencia a la flexión para vigas simple de concreto respecto al % de polvo de vidrio.	77
Figura 28. Estimación de costos para la implementación de polvo de vidrio en el concreto.	80

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es la influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido?; el objetivo general fue: Analizar la influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido y la hipótesis general que se verificó fue: El polvo de vidrio influye positivamente en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, de nivel explicativo y con diseño de investigación experimental; la población correspondió al concreto con adición de polvo de vidrio y el concreto convencional, siendo un total de 120 especímenes y para la selección de muestra no se aplicó técnica de muestreo porque correspondió a la totalidad de la población, es decir los 120 especímenes.

Como conclusión principal se obtuvo que, la adición de polvo de vidrio influye significativamente en las siguientes propiedades del concreto en estado fresco: El asentamiento, peso unitario y el rendimiento y el contenido de aire ( $p < 0.05$ ), pero no influye en la temperatura ( $p > 0.05$ ). Con respecto a las propiedades en estado endurecido se ha demostrado que la adición del polvo de vidrio influye significativamente ( $p < 0.05$ ) en la resistencia a la compresión y flexión a los 14, 21 y 28 días.

**Palabras clave:** Polvo de vidrio, estado fresco, estado endurecido, concreto.

## ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: What is the influence of glass dust on the properties of fresh and hardened concrete; the general objective was: To analyze the influence of glass dust on the properties of fresh and hardened concrete and the general hypothesis that was verified was: Glass dust positively influences the properties of fresh and hardened concrete.

The general research method was the scientific one, the type of research was applied, of explanatory level and with experimental research design; the population corresponded to the concrete with glass powder addition and the conventional concrete, being a total of 120 specimens and for the sample selection no sampling technique was applied because it corresponded to the totality of the population, that is to say, the 120 specimens.

As a main conclusion, it was obtained that the addition of glass powder significantly influences the following properties of the concrete in its fresh state: The slump, unit weight and the yield and air content ( $p < 0.05$ ), but it does not influence the temperature ( $p > 0.05$ ). With respect to the properties in hardened state it has been demonstrated that the addition of glass powder significantly influences ( $p < 0.05$ ) the compressive and flexural strength at 14, 21 and 28 days.

**Keywords:** Glass powder, fresh state, hardened state, concrete.

## INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: Influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, tiene como finalidad analizar la influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto; para lo cual se realizaron ensayos para determinar las propiedades del concreto en estado fresco como son: el asentamiento, contenido de aire, temperatura, peso unitario y rendimiento a través de las normas técnicas correspondientes; mientras que los ensayos para el concreto en estado endurecido fueron a través de ensayos destructivos de compresión y flexión para un total de 3 y 2 muestras respectivamente en proporciones del 8, 10 y 12 % de polvo de vidrio añadido al concreto.

Los resultados muestran que el uso de polvo de vidrio es una opción viable de un material de uso común para la construcción pues tiene un adecuado comportamiento a cargas de compresión y flexión.

Para una mejor comprensión, la investigación realizada se compone con los siguientes capítulos:

El Capítulo I: Problema de investigación, el cual manifiesta el problema de investigación, a través del planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos general y específico.

El Capítulo II: Marco teórico, aquí se realiza un repaso del marco teórico donde se expone los antecedentes nacionales e internacionales, marco conceptual, definición de términos, bases legales, hipótesis y variables.

El Capítulo III: Metodología, donde explica el método, tipo, nivel y diseño de investigación usados en la investigación; asimismo, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, materiales y equipos, procedimiento de la investigación, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV: Resultados, se desarrollan los resultados que se obtuvieron al realizar los ensayos para la investigación en relación a los objetivos presentados.

El Capítulo V: Discusión de resultados, evidencia la discusión en función a los resultados obtenidos.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Ivan Lionel Choca Ramos.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

La contaminación ambiental en la actualidad es uno de los principales problemas que afronta la humanidad debido a la fabricación de elementos cuya degradación demora cientos de años como es el caso del plástico o del vidrio, haciendo que el material permanezca en el ambiente contaminando así el suelo y los ecosistemas (Bermúdez, 2010). Esta problemática se ve reflejada en muchos países, pues según Flores, Jiménez y Pérez (2018) el volumen de residuos de vidrio recogidos en España se ha incrementado desde el año 2000 hasta duplicarse el año 2008, y es a partir de este año en el que se toman medidas para poder reciclar el mayor porcentaje y poder destinar su uso a otros aspectos.

En el Perú la contaminación por residuos sólidos se distribuye en los siguientes porcentajes: materia orgánica 57.02 %, de madera 2.43 %, papel 10.30 %, cartón 3.80 %, vidrio 1.80 %, plástico PET 2.65 %, plástico duro 5.60 %, bolsas 1.80 %, tecnopor y similares 2.70 %, metales 1.11 %, telas y textiles 0.94 %, caucho, cuero y jebe de 1.51 %, pilas 0.20 %, restos de medicina y focos 0.03 %, residuos sanitarios 0.20 %, material inerte 3.41 % (Córdova, 2018), de los cuales podemos distinguir que el vidrio es uno de

los principales residuos que se generan, y al que no se le da tratamiento alguno.

En Huancayo la contaminación por materiales de plástico y vidrio va en incremento afectando ríos, lagunas y hasta el nevado representativo denominado “Huaytapallana” ya que según ANDINA (2018) en una jornada de limpieza se puede recolectar hasta tres toneladas de estos residuos que perjudican el suelo y por ende el ambiente.

En tal sentido ante la incremental crisis ambiental y la necesidad de mejora de la calidad del concreto para construcción, la presente investigación pretende determinar la influencia del vidrio en forma pulverizada en las propiedades del concreto, con lo cual se pretende dar una alternativa de uso al vidrio que perjudica al ambiente debido a su largo periodo de descomposición.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cómo influye el polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco?
- b) ¿Qué relación existe entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido?
- c) ¿Cuál es el costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica**

La presente investigación tiene justificación social debido a que busca dar un uso alternativo a un elemento contaminante como es el vidrio, debido a su largo periodo de descomposición, lo cual

perjudica a los ecosistemas existentes; además, de mejorar con ello las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

### 1.3.2. Justificación metodológica

La investigación presenta justificación metodológica pues, se planteó una secuencia de pasos para la incorporación del polvo de vidrio en el concreto en diferentes dosificaciones lo cual podrá ser utilizado en investigaciones similares.

## 1.4. Delimitaciones

### 1.4.1. Espacial

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de mecánica de suelo Geolumas SAC ubicado en el Jr. 28 de octubre N° 429 en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo y departamento de Junín.



Figura 1. Ubicación del laboratorio para ensayos de concreto.  
Fuente: Google Earth (2020).

### 1.4.2. Temporal

La presente investigación se ejecutó durante los meses de junio a noviembre de 2019.

### **1.4.3. Económica**

La presente investigación fue financiada con recursos propios, no se tuvo ningún aporte económico externo.

## **1.5. Limitaciones**

El polvo de vidrio llega a ser muy peligroso por llegar a ser partículas muy diminutas que puedan causar problemas en la salud si llega a ser ingerido o inhalado, debido que para la manipulación debe realizarse con los equipos adecuados que resguarden la seguridad de las personas.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Analizar la influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Calcular la influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco.
- b) Determinar la relación que existe entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido.
- c) Estimar el costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Rodriguez y Ruíz (2016) en su investigación “Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio” tuvieron como objetivo el de la incorporación de vidrio de desecho finamente molido para determinar la influencia en la resistencia y la reacción álcali-sílice de la mezcla, para lo cual se llevaron a cabo mezclas con distintos porcentajes de reemplazo de cemento a las que se les evaluaron las propiedades físicas y mecánicas en estado fresco y endurecido. Los primeros resultados de esta investigación, indican que el vidrio molido, en el tamaño utilizado, se comporta como una puzolana. Aunque el reemplazo de parte del cemento en la mezcla reduce su resistencia en edades tempranas, en comparación con mezclas sin vidrio, su resistencia es mayor a las esperadas para mezclas con igual contenido de cemento. Se encontró además que el vidrio inhibe significativamente la reacción álcali-sílice, aun cuando se utilizan

áridos reactivos y que la reducción de resistencia referida anteriormente no es significativa para edades avanzadas.

Pérez, Ordoñez y Plaza (2016) en su investigación “Uso del vidrio reciclado como agregado fino en morteros de pega para uso en viviendas de mampostería estructural” tuvieron como objetivo evaluar el uso de vidrio reciclado como agregado fino en morteros para juntas de mampostería de albañilería, para lo cual caracterizaron y determinaron las proporciones de los componentes de la mezcla, evaluando además las propiedades físicas y mecánicas de su comportamiento, junto a un análisis económico que sustente su factible uso en la industria de la construcción. Los resultados indicaron que los morteros con junta con adición de vidrio reciclado mostraron un rendimiento similar al mortero convencional elaborado con arena de río. De hecho, las propiedades mecánicas del mortero de junta con vidrio reciclado fueron superiores al mortero convencional cuando se añadió el humo de sílice.

Catalán (2013) en su tesis “Estudio de la influencia del vidrio molido en hormigones grado H15, H20 y H30” estudiar la influencia de la adición de vidrio sobre la resistencia mecánica del hormigón de grados H15, H20 y H30, para lo cual se planteó una investigación experimental en la que el vidrio sigue etapas de tratamiento de limpieza y molienda para su posterior incorporación al concreto. Posteriormente realizaron ensayos de laboratorio con los que determinaron la relación que existe entre la cantidad de vidrio molido y la resistencia como principal parámetro, como conclusión obtuvieron que la incorporación de vidrio disminuye la cantidad de agua absorbida por el cemento, además que el reemplazo de vidrio en vez del agregado no provocó variaciones significativas en su comportamiento final y su incremento en un 10% del peso incrementa la resistencia.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Córdova (2018) en su tesis “Análisis del concreto simple utilizando vidrio pulverizado como adición para concreto de alta resistencia con agregados de la ciudad de Chiclayo” tuvo como objetivo determinar la cantidad óptima de la cantidad de vidrio molido que mejore las propiedades de concreto  $f'c$  de 385 kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c$  de 420kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c$  de 455 kg/cm<sup>2</sup>, para alcanzar tal fin realizó 192 probetas como muestras las cuales fueron sometidas a compresión simple, además realizó ensayos a los agregados y al concreto en estado fresco y endurecido considerando un porcentaje de 5 % en peso del cemento de polvo de vidrio considerando tres tipos de tamaño de vidrio de 0.15 mm, 0.075 mm y menores a 0.075 mm. Como conclusión obtuvo que el que mejor comportamiento presenta es el 10 % de vidrio molido.

Cortez (2017) en su tesis “Estudio de la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  sustituyendo el agregado grueso con vidrio triturado tipo sodo cálcico” tuvo como objetivo determinar la influencia del vidrio triturado tipo soda cálcico en reemplazo del agregado grueso sobre la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c$  de 175 kg/cm<sup>2</sup>; para lo cual realizó un diseño de mezcla mediante método ACI para elaborar 32 probetas entre muestras patón y concreto con adición de vidrio en porcentajes del 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 75 % y 100 %. Como resultado obtuvo que la que mejor comportamiento presenta fue el de 20 %, haciendo que la aplicación del vidrio triturado es factible.

Rojas (2015) en su investigación “Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico” tuvo como objetivo principal realizar el estudio experimental para obtener la resistencia de un concreto de resistencia  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>

adicionando porcentajes de vidrio cálcico; para tal fin se han realizado ensayos a los agregados a utilizar y a un posterior diseño de mezcla para determinar con los que se estimaron los porcentajes de vidrio por bolsa de cemento. Posteriormente las muestras realizadas fueron sometidas a diversas pruebas para determinar sus características en estado fresco y endurecido, como conclusión obtuvo que la resistencia del concreto a los 28 días con la adición de vidrio molido fue de  $318.75 \text{ kg/cm}^2$ , es decir más de lo diseñado y determinó una relación para un diseño de mezcla tipo ACI de 1;1.68:2.87:0.06 kg/bolsa/22.7 L/bolsa.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Vidrio

Según Catalán (2013) el vidrio es un material de apariencia dura, transparente y frágil, es un fluido de muy alta viscosidad. Su composición es una mezcla de óxidos metálicos, siendo su principal componente el óxido de sílice, conocido como silicio ( $\text{SiO}_4$ ). Aunque inicialmente pareciera ser muy similar a un cristal, la diferencia con éste radica en el ordenamiento que tienen las moléculas que lo componen, pues el enlace Si-O está distribuida sin un patrón determinado, por lo que es un material amorfo (Ver Figura 2).

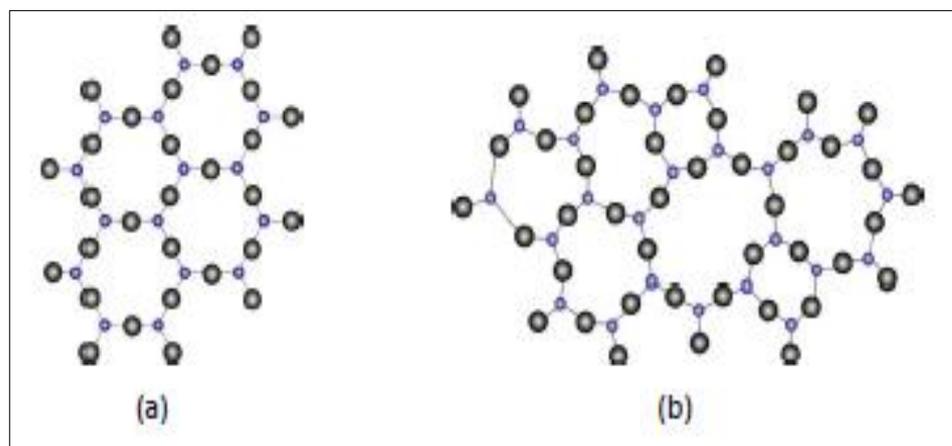


Figura 2. Representación bidimensional de una red cristalina de sílice (a) sílice amorfa (b)

Fuente: Catalán (2013).

### 2.2.2. Composición del vidrio

De acuerdo a la investigación realizada por Catalán (2013) el componente principal del vidrio es la sílice, obtenida a partir de arena, pedernal o cuarzo. Sin embargo, desde el punto de vista estructural el vidrio está constituido por:

- Óxidos formadores de la red vítrea, como  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  o  $\text{P}_2\text{O}_5$ .
- Óxidos modificadores de la red vítrea, que aportan enlaces por los denominados "oxígenos no puente", tales como:  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , u óxidos alcalinotérreos como Ca y,  $\text{MgO}$ .
- Óxidos estabilizantes que tienen un carácter intermedio o anfótero, aportando los denominados "oxígenos puente", tales como:  $\text{AbO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Además de estos componentes a los vidrios se les incorporan otros óxidos que cumplen diversas funciones secundarias: afinantes, colorantes, decolorantes, opacificantes, fluidificantes, catalizadores, o nucleantes de la cristalización.

### 2.2.3. Propiedades físicas del vidrio

Una de las principales propiedades del vidrio es el punto de fusión el cual está cerca de los  $5000\text{ }^\circ\text{C}$  debido a su alto contenido de sílice (Catalán, 2013).

En cuanto a resistencia mecánica, su rango normal oscila entre  $3.000$  y  $5.500\text{N/cm}^2$ , pudiendo sobrepasar los  $70.000\text{ N/cm}^2$  si se le ha dado un tratamiento especial. Además, es un mal conductor eléctrico y de calor (Catalán, 2013).

El color natural de vidrio es un tono verdoso, sin embargo, al agregar decolorantes se hace traslúcido o si se hace necesario para su uso en la conservación de alimentos, aceites o fármacos

se les mezcla con algunos componentes que modifican su color natural (Catalán, 2013).

#### **2.2.4. Tipos de vidrio**

A continuación, se muestra los diferentes tipos de vidrios que se producen, ya sean comunes o especiales.

##### **Vidrio sodocálcico**

Es el tipo de más uso para la fabricación de contenedores (botellas, cristalerías de mesa, ampollas, vidrios para ventanas y vidrios laminados) y no contaminan con residuos de fabricación a los insumos que contengan (Segarra, 2005).

##### **Vidrio al plomo**

Para su fabricación se combinan óxidos de potasio con óxido de plomo, por lo que es conocido como cristal al plomo, además es pesado y tiene un alto índice de refracción, por lo que se usa para protección ante efectos nucleares (Segarra, 2005).

##### **Vidrio de borosilicato**

Este vidrio contiene óxido bórico entre sus ingredientes fundamentales, junto con sílice y álcali. Destaca por su durabilidad, resistencia a los ataques químicos y choques térmicos, por lo que se utiliza en muchos utensilios de cocina, aparatos de laboratorio y equipos para procesos químicos (Segarra, 2005).

#### **2.2.5. Reacciones expansivas en el hormigón**

Incluir un nuevo material en la mezcla de concreto tal como el vidrio cuya composición química es en su mayoría la sílice, obliga a estudiar la reacción conocida como reacción expansiva álcali-silicato. Para que se de esta reacción debe suceder las siguientes características:

- El agregado debe ser sensiblemente reactivo con álcalis, es decir con alta presencia de silicatos no cristalinos.

- Álcalis en cantidad suficiente para desencadenar la reacción, aportados generalmente por el cemento.
- Humedad necesaria para que los álcalis entren en solución y generen la reacción química.
- Una vez desencadenada la reacción ésta debe mantenerse por el tiempo suficiente para dar origen al gel y su posterior expansión.

Si alguna de estas cuatro condiciones no está presente, es imposible la generación de la reacción (Segarra, 2005).

Para el caso del vidrio, es especialmente importante este punto, debido a que la reactividad de la sílice, es inversamente proporcional al grado de cristalización de la misma, es decir, mientras mayor sea el grado de ordenamiento de las moléculas, el potencial de reactividad es menor (Cano y Cruz, 2017).

Si existe sospecha de probable reactividad se recomienda:

Cuando existe probable reactividad se recomienda tomar precauciones:

- Emplear cemento con bajo contenido de álcalis (menor a 0.6 %).
- Usar adiciones minerales tales como puzolanas, cenizas volantes, escorias y microsílíce como reemplazo parcial del cemento.
- Disminuir el contenido total de álcalis en las mezclas valores entre  $1.8 \text{ kg/m}^3$  y  $3 \text{ kg/m}^3$  dependiendo del caso particular.
- Adicionar sales de litio como aditivo neutralizador.

### **2.2.6. El vidrio en el concreto**

Inicialmente se planteó el uso del vidrio como un reemplazo al agregado para concreto, pero el problema de la reacción álcali-sílice (ASR) era una barrera para las décadas de 1970. Ésta reacción suele producirse en el concreto producto de la reactividad existente entre sus materiales componentes (cemento Portland, agua, agregados, adiciones minerales y aditivos), principalmente por la presencia de sílice amorfo (Catalán, 2013).

Al combinarse con la pasta de cemento que es de naturaleza alcalina, en presencia de humedad, ésta ataca a la sílice presente en los agregados creando un gel silicato-alcalino viscoso, que provoca una expansión no uniforme en el concreto, produciendo grietas. Por lo que no es recomendable para estructuras que estén constantemente expuestas a humedad o al agua, sin embargo, es un efecto que se muestra a largo plazo (Becker, 2002).

En tal sentido el uso del vidrio como aditivo al concreto es restringido, sin embargo, estudios muestran que a medida que se utilizan partículas de vidrio más fino, a partir de un tamaño de 0.15 mm (tamiz N° 100, según ASTM), se reduce y hasta logra controlarse la reacción álcali – sílice (Catalán, 2013).

Otro aspecto importante para controlar la reacción ASR es el color de vidrio, pues se relaciona con la expansión del concreto (Ver Figura 3), pues el color de vidrio depende directamente de la composición química del mismo. Los colores más comunes en botellas de vidrio son: verde, ámbar y transparente, siendo el más expansivo de los tres el vidrio transparente, seguido por el ámbar, y el menos reactivo en ese aspecto el vidrio verde, debido a la presencia de óxido de cromo en su composición (Catalán, 2013).

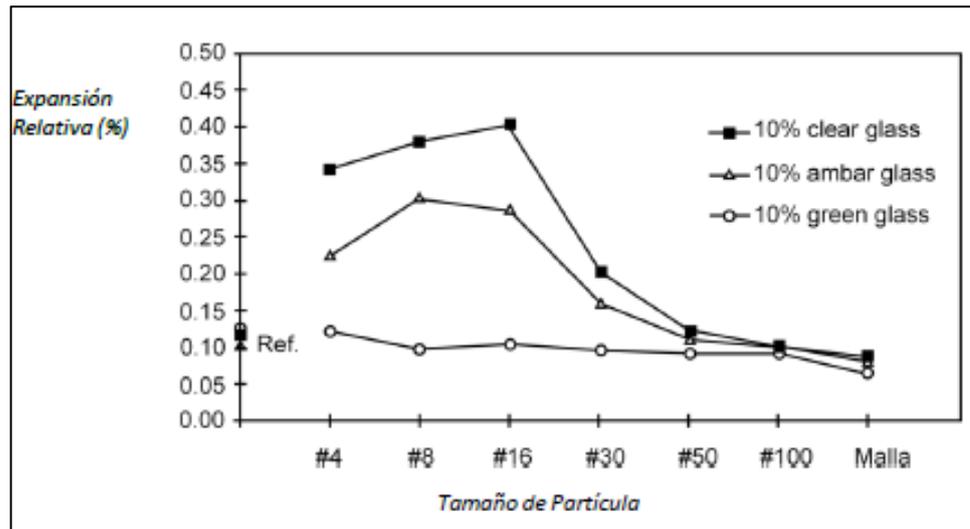


Figura 3. Expansión en barras de mortero con 1 0% de agregado de vidrio cristales.  
Fuente: Catalán (2013).

Es decir, que la composición influye directamente en la expansión del concreto y na variación en la estructura original del vidrio podría incrementarla.

Por otro lado, según Meyer (2008) reemplazar agregados naturales del concreto con agregado de vidrio, acarrea serias repercusiones en el diseño de la mezcla de hormigón y en la forma de producirlo, pues el vidrio no es considerado como un agregado natural aunque si bien es un material manufacturado, y por ende su composición química es conocida, su naturaleza amorfa hace que la química pueda variar considerablemente en distintos tipos de cristales (por ejemplo, vidrio de botellas, tubos fluorescentes, cristal para ventanas, etc.) y según el fabricante.

Otra ventaja del uso vidrio, es que proporciona una alta resistencia a la abrasión en los elementos de concreto, por lo que es muy recomendado su aplicación en pavimentos de carreteras, losas de aeropuertos, entre otros.

Además, la añadidura de vidrio en la fabricación de concreto y asfaltos para su implementación en pavimentos en general, tiene la capacidad de reflejar los rayos de luz, es especialmente útil en

condiciones de poca visibilidad, utilizando un porcentaje de vidrio reciclado de un 10 %, con partículas que promediaban los 6mm de diámetro (Catalán, 2013).

Algunas propiedades atribuidas al vidrio molido son:

- El polvo de vidrio de un tamaño menor o igual a 45 mm puede considerarse como un material puzolánico según lo especifica el ASTM C618.
- El efecto puzolánico de la adición del cristal molido al hormigón, se evidencia a los 28 y 91 días, alcanzando valores máximos para resistencias a la compresión, a la tracción y al corte a la edad de 91 días, obteniéndose buenos resultados con porcentajes alrededor del 10 %.
- La trabajabilidad disminuye, lo que se traduce en un incremento de resistencia.

### 2.2.7. Asentamiento

En el ensayo de asentamiento indica la trabajabilidad de la mezcla de concreto (Abanto, 2009) y según la NTP 339.035 (2015) se dice que es trabajable cuando en su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de 1/4" sobre el agregado grueso

Este concepto va relacionado con la consistencia que es el grado de humedecimiento de las mezclas, es decir, depende la cantidad de agua en la mezcla (Abanto, 2009).

Tabla 1. Clases de mezclas según su asentamiento.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseada
Fluida	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: Abanto (2009).

## Ensayo de asentamiento

Sacar una cantidad considerable de la mezcla de concreto y colocarla en tres capas en el cono Abrams chuseado 25 veces por cada capa. Finalmente medir la distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, siendo estas el asentamiento del concreto (NTP 339.035, 2015).

## Equipos y herramientas de uso

**Molde:** En la norma NTP 339.035 (2015) especifica las características y dimensiones mínimas que debe poseer el molde, además este debe ser suficientemente rígido para mantener las medidas especificadas y tolerancias durante el uso.

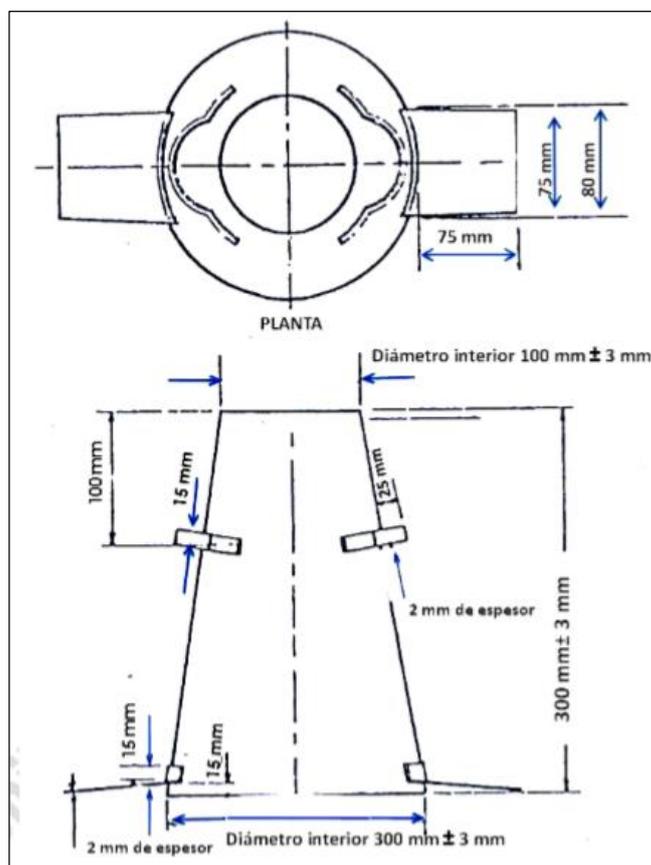


Figura 4. Molde para ensayo de asentamiento.

Fuente: NTP 339.035 (2015).

Tabla 2. Dimensión del molde.

mm	2	3	15	25	75	80	100	200	300
pulg	1/16	1/8	1/2	1	3	3 1/8	4	8	12

Fuente: NTP 339.035 (2015).

**Barra compactadora:** Debe ser cilíndrica de acero liso, medida de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud (NTP 339.035, 2015).

**Dispositivo de medida:** Según la norma NTP 339.035 (2015) tiene que ser un elemento rígido como una regla o flexómetro.

#### **Procedimiento de acuerdo NTP 339.035**

- Humedecer el molde y colocar sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda. Fijar el molde durante el llenado pisando las aletas.
- Llenar el molde vaciando el concreto en 3 capas.
- Cada capa se compacta aplicando 25 golpes con la barra compactadora.
- Se levanta el molde en forma vertical con un movimiento ascendente firme.
- Se mide de inmediato el asentamiento, la superficie del cono y la superficie descendido del concreto.

#### **2.2.8. Contenido de aire en el concreto**

El contenido de aire del concreto en estado fresco, se mide mediante el método por presión (ASTM C231, 2014).

##### **Equipos y herramientas de uso**

**Medidores de aire:** de acuerdo a las normativas extranjeras, se menciona dos tipos de moldes.

**Medidor tipo A:** consiste de un recipiente con un sistema de tapa con presión, para lo cual se introduce el agua hasta una altura determinada por encima de una muestra de concreto con un volumen conocido, para posteriormente aplicar una presión de aire determinada sobre el agua. Observando la variación del volumen (ASTM C231, 2014).

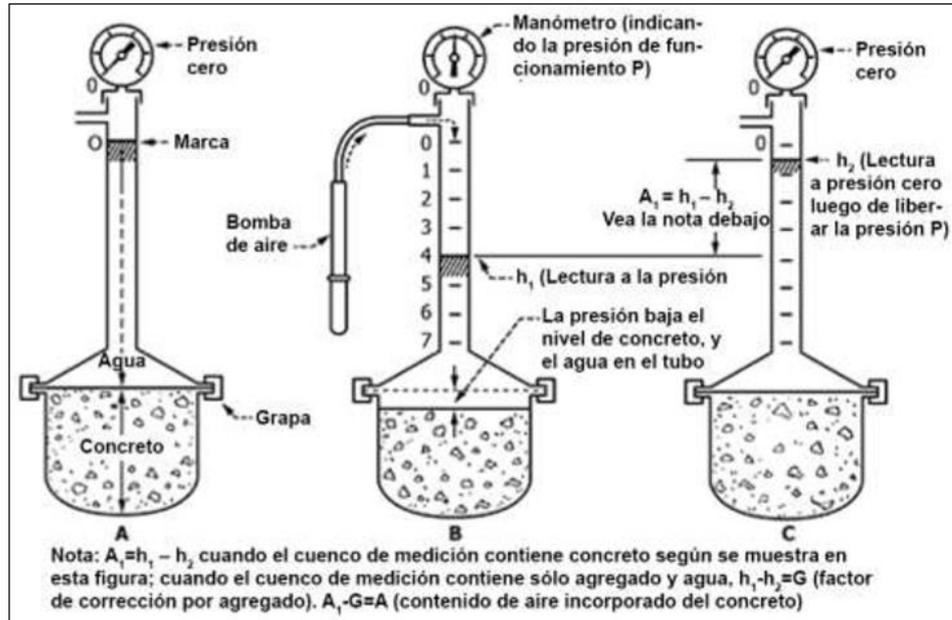


Figura 5. Medidor tipo A.  
Fuente: ASTM C231 (2014).

**Medidor tipo B:** Según ASTM C231 (2014) es un recipiente de medición y un sistema de tapa a presión, que consiste en igualar un volumen conocido de aire en una presión conocida mediante una cámara sellada de aire.

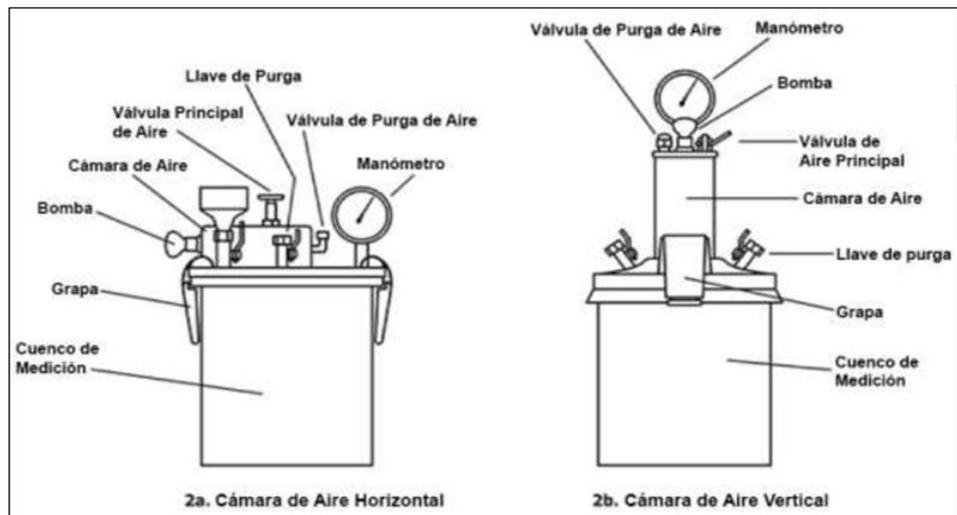


Figura 6. Medidor tipo B.  
Fuente: ASTM C231 (2014).

**Recipiente de medición:** Es de forma cilíndrica, de acero y capaz de resistir la pasta de cemento (ASTM C231, 2014).

**Sistema de tapa:** Es de acero resistente a la pasta de cemento (ASTM C231, 2014).

### **Procedimiento según ASTM C231:**

- **Colocación y compactación de la muestra:** Humedecer el interior del recipiente colocar sobre una superficie plana. Usando una pala colocar el concreto en 3 capas.
- **Varillar:** Aplicar 25 golpes con la varilla cada capa.
- Luego realizar el procedimiento de ensayo de acuerdo al medidor utilizado.

### **2.2.9. Temperatura de concreto**

Según la norma ASTM C1064 (2002) el proceso de la medición de la temperatura se basa en:

#### **Equipos y herramientas de uso:**

- **Recipiente:** El cual debe ser un material no absorbente.
- **Aparato para medir la temperatura:** Según la norma ASTM C1064 (2002) debe ser capaz de la temperatura a una precisión  $\pm 1^{\circ}\text{F}$  ( $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) dentro del rango de a  $120^{\circ}\text{F}$  (0 a  $50^{\circ}\text{C}$ ), este se debe sumergir un promedio de 75 mm o menos.

#### **Procedimiento según ASTM C1064 :**

- Posea el termómetro, evitando la influencia de la temperatura ambiente
- Dejar reposar un tiempo de 2 minutos hasta que la lectura no varíe.
- Registrar la lectura.

### **2.2.10. Peso unitario y rendimiento**

El procedimiento para la obtención del peso unitario y el rendimiento se realiza de la siguiente manera (NTP 339.046, 2008):

### Equipos y herramientas de uso:

- **Balanza:** Debe tener una precisión de 45 g.
- **Barra compactadora:** Esta debe ser acero de 15mm de diámetro y 600 mm de longitud con una punta semiesférica, esto de acuerdo a la norma NTP 339.046 (2008).
- **Recipiente de medida:** Debe ser metálico, impermeable y con dos asas que facilite la manipulación. El interior debe tener la forma de un cilindro recto y abierto por una de sus caras. La capacidad nominal y dimensiones de los recipientes deben ser las que se indican en la Tabla 3, están en función del TMN del árido empleado.

Tabla 3. Capacidad nominal en L.

Tamaño máximo nominal del árido (mm)	Capacidad nominal ( L)
25	6
37.5	11
50	14
75	28
112	70
150	100

Tamaños establecidos para usar en los ensayos de concreto, que contiene agregados de tamaño máximo nominal igual o más pequeño que los ya mencionados. El volumen real del recipiente será por lo menos 95 % del volumen nominal mencionado.

Fuente: NTP 339.046 (2008).

- **Placa de enrase:** Esta debe ser de metal, vidrio o acrílico con un ancho de y largo que superen en 50 mm o más al diámetro de la medida.
- **Mazo:** El mazo tiene cabeza de caucho o cuero y tiene un peso de  $600 \pm 200$  g.
- **Cuchara:** Según la norma NTP 339.046 (2008) el tamaño debe ser adecuado para que no se derrame durante su colocación del concreto en el recipiente.

### Procedimiento según NTP 339.046

- Colocar el concreto en tres capas con 25 golpes que ayudaran a la acomodación de las partículas y la eliminación del aire residual.
- Luego calcular el peso del concreto.

### Cálculo según NTP 339.046

- **Densidad (peso unitario):** Se obtiene de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$D = \frac{Mr - Mh}{Vr}$$

Donde, D es la densidad aparente del hormigón fresco (kg/m<sup>3</sup>), Mr es la masa de la medida volumétrica (kg), Mh es la masa de la medida volumétrica más el hormigón fresco (kg) y Vr es el volumen de la medida volumétrica (m<sup>3</sup>).

- **Volumen producido**

$$Y(yd^3) = \frac{M}{D \times 27}$$

$$Y(m^3) = \frac{M}{D}$$

Donde, Y es el volumen de hormigón producido por amasada (m<sup>3</sup>), M es la masa total de todos los materiales de la amasada (kg o lb) y D es la densidad (peso unitario) del hormigón (kg/m<sup>3</sup> o lb/ft<sup>3</sup>).

- **Rendimiento relativo:** Es el volumen del hormigón entre el volumen de la mezcla. Aproximando al 1 %.

$$Ry = \frac{Y}{Yd} \times 100$$

Donde, Y es el volumen de hormigón producido por amasada (m<sup>3</sup>) e Yd es el volumen de hormigón para producir la amasada para la cual fue diseñado (m<sup>3</sup>).

Si  $R_y$  es mayor al 100 % indica un exceso de hormigón producido, mientras que un valor menor indica que el peso queda corta con respecto al volumen diseñado.

– **Cálculo de contenido de cemento**

$$C = \frac{Cb}{Y}$$

Donde, C es el contenido real de cemento ( $\text{kg}/\text{m}^3$  o  $\text{lb}/\text{yd}^3$ ) y Cb es la masa del cemento en la amasada ( $\text{kg}$  o  $\text{lb}$ ).

– **Cálculo de contenido de aire**

$$A = \left( \frac{T - D}{T} \right) X 100$$

Donde, A es el contenido de aire del hormigón fresco (%), T es la densidad teórica del hormigón calculado libre de aire ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) y D es la densidad (peso unitario) del hormigón ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$$A = \left( \frac{Y - V}{Y} \right) X 100$$

Donde, Y es el volumen de hormigón producido por amasada, ( $\text{m}^3$  o  $\text{yd}^3$ ); V, Volumen absoluto total de los ingredientes en la amasada ( $\text{m}^3$  o  $\text{yd}^3$ ).

### 2.2.11. Fragua

La fragua se mide de acuerdo a la resistencia a la penetración, el procedimiento según la ASTM C403 (2013) se muestra a continuación:

#### Equipos y herramientas de uso

- **Contenedor:** deben ser rígidos, herméticos, no absorbentes, libres de aceite o de grasa.
- **Agujas de penetración:** Estas deben ser agujas acopladas al aparato de carga, con las siguientes áreas de contacto: 645, 323, 161, 65, 32 y 16  $\text{mm}^2$  (1, ½, ¼,

1/10, 1/20 y 1/40 pulg<sup>2</sup>). Las agujas deben ser marcadas circunferencialmente a una distancia de 25 mm (1 pulg) del área de contacto. La longitud de la aguja es 16 mm<sup>2</sup> (1/40 pulg<sup>2</sup>) no será mayor de 90 mm (3 ½ pulg).

- **Varilla apisonadora:** Es de acero redonda y recta de 16 mm (5/8 pulg) de diámetro y 600 mm (24 pulg) de longitud, ambos extremos redondeados con punta semiesférica de diámetro 16 mm (5/8 pulg).
- **Pipeta**
- **Termómetro**

### **Procedimiento según ASTM C403**

- Sacar el agua de exudación con una pipeta, inclinando en un ángulo de 10° horizontal (ASTM C403, 2013).
- Colocar la aguja hasta que esta penetre  $25 \pm 2$  mm ( $1 \pm 1/16$  pulg). Se calcula la resistencia de penetración dividiendo la fuerza aplicada dentro en el área de apoyo de la aguja. (ASTM C403, 2013).
- Se realiza un ensayo inicial después de 3 a 4 horas de contacto de cemento y agua. Los ensayos siguientes se realizan a un intervalo de ½ a 1 h (ASTM C403, 2013).
- Se realizar por lo menos seis penetraciones y se debe continuar el ensayo hasta lograr una resistencia igual o mayor a 27.6 MPa (ASTM C403, 2013).

### **2.2.12. Exudación**

Para el cálculo de la cantidad exudada según la norma NTP 339.077 (2013) existen dos métodos los cuales se muestran a continuación:

- **Método A:** Este método se aplica a muestras consolidadas únicamente mediante varillado (NTP 339.077, 2013).

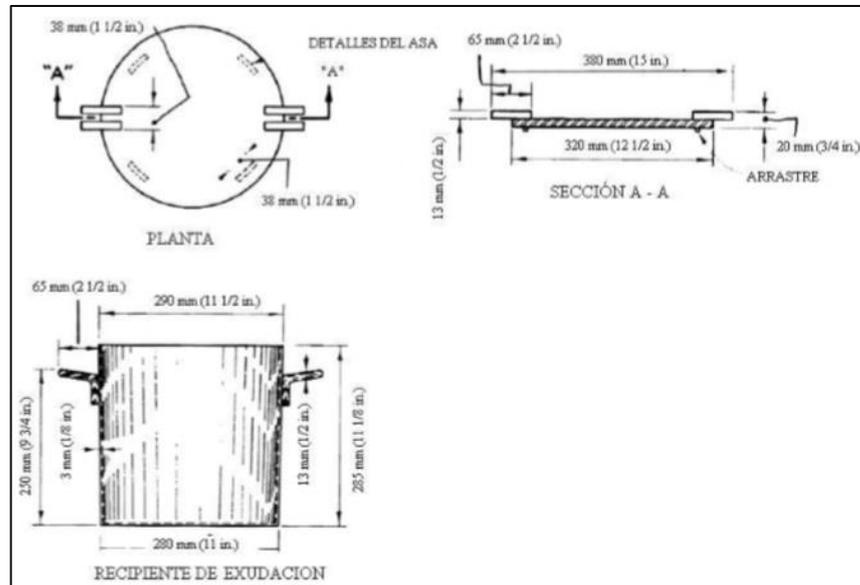


Figura 7. Recipiente y cubierta metálica.  
Fuente: NTP 339.077 (2013)

- **Método B:** Se aplica a muestras consolidadas mediante vibración y ensayo por periodos de vibración (NTP 339.077, 2013).

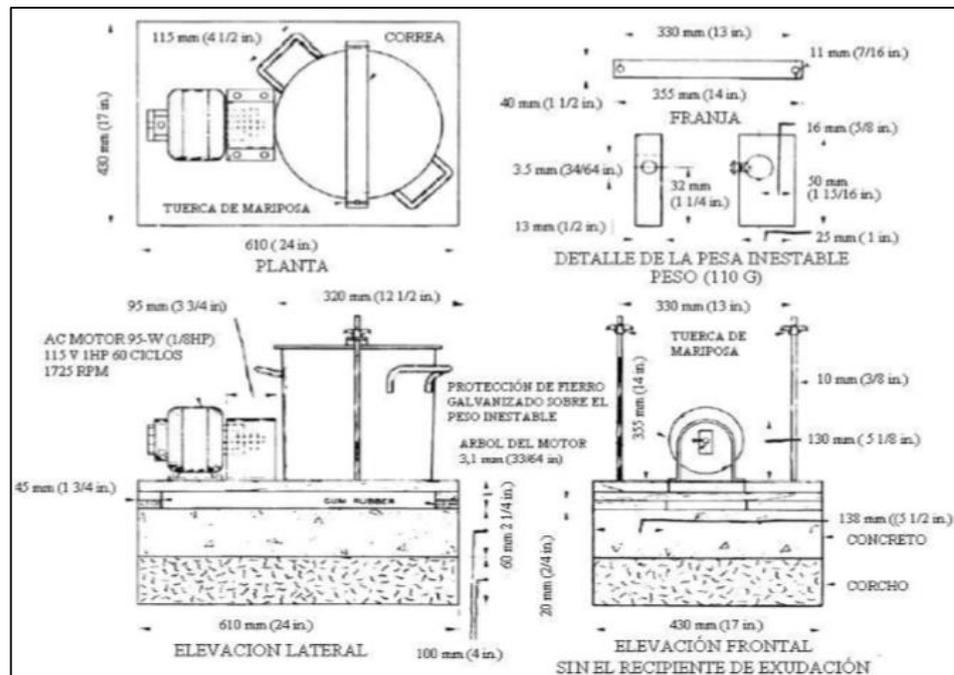


Figura 8. Detalle de la mesa vibratoria.  
Fuente: NTP 339.077 (2013).

### **Equipos y herramientas de uso**

- Recipiente cilíndrico.
- Báscula.
- Pipeta.
- Probeta graduada.
- Varilla compactadora.
- Recipiente metálico.
- Balanza (opcional).
- Hornillo (opcional).

### **Procedimiento para el cálculo de la exudación**

- La temperatura ambiente será de 18 °C y 24 °C.
- Después de nivelar la superficie de la muestra, registrar la hora y determinar el peso del recipiente y su contenido.
- Colocar el contenido sobre una superficie plana, libre de vibraciones y cubrir el recipiente, para evitar la evaporación de la exudación.
- Inclinar cuidadosamente el recipiente para extraer el agua exudada y anotar el peso del agua exudada, hasta último tiempo de observación.
- Luego secarlo hasta un peso constante y registrar los resultados finales y calcular la diferencia entre los dos pesos, siendo esto el agua de exudación.

Además, se utilizan las siguientes fórmulas:

- Volumen de agua exudada.

$$V = \frac{V1}{A}$$

Donde, V1 es el volumen de agua exudada medida durante el intervalo de tiempo seleccionado (ml) y A es el área expuesta del concreto (cm<sup>2</sup>), agua de exudación acumulada.

$$C = \left(\frac{w}{W}\right) S$$

$$\text{Exudación \%} = \left(\frac{D}{C}\right) X100$$

Donde, C es la masa del agua en la muestra de ensayo (gr), W es el peso total de la tanda (kg), w es el agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados) (kg), S es el peso de la muestra (gr), D es el peso del agua de exudación (gr) y el volumen total extraído de la muestra de ensayo (cm<sup>3</sup>), multiplicado por 1 gr/cm<sup>3</sup>.

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

La resistencia a la compresión del concreto es una de las principales propiedades del concreto en estado fresco y el procedimiento para su cálculo se obtiene según la norma NTP 339.034 (2015).

#### **Resumen del método de ensayo resistencia a la compresión**

- De acuerdo a la norma NTP 339.034 (2015) este ensayo es para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas preparadas y curadas.
- Los resultados obtenidos controlan la calidad del concreto y el comportamiento al uso de aditivos.

#### **Procedimiento según NTP 339.034**

- El ensayo de compresión se realizara después de retirar de donde está almacenado en estado húmedo (NTP 339.034, 2015).
- Serán ensayadas de acuerdo al tiempo de tolerancia establecida:

Tabla 4. Tiempos programados para la rotura.

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	$\pm 0.5$ h ó 2.1 %
3 d	$\pm 2$ h ó 2.8 %
7 d	$\pm 6$ h ó 3.6 %
28d	$\pm 20$ h ó 3.0 %
90 d	$\pm 48$ h ó 2.2%

Fuente: NTP 339.034 (2015).

- Colocar el bloque en el inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo y luego alinear los ejes de la probeta (NTP 339.034, 2015).
- Antes de ensayar verificar que el indicador de carga este en cero (NTP 339.034, 2015).
- La carga será aplicada a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta será de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s (NTP 339.034, 2015).
- Cuando la carga final y la velocidad decrece debido a la fractura de la probeta, no hacer más ajustes (NTP 339.034, 2015).

### 2.3. Definición de términos

**Cemento.** - El cemento es el material de construcción con más uso en el mundo, debido a las propiedades que se obtiene al solidificarse y mezclarse con agregado y agua tales como resistencia a la compresión, durabilidad, propiedades hidráulicas, acústicas y estética para una diversidad de aplicaciones de construcción. Se obtiene de la calcinación a  $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$  de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. Al calcinarse se obtiene el Clinker, el cual es su principal ingrediente, que se tritura junto a el yeso y otros compuestos químicos (Cano y Cruz, 2017).

**Agregados.** - Los agregados son componentes más abundantes del cemento, pudiendo ser natural o artificial, siendo los naturales de uso frecuente, estos se pueden clasificarse en agregado grueso y fino. El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz N° 4 y queda retenido en la malla N° 200. Mientras que el agregado grueso, es aquel que

queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava (Cano y Cruz, 2017).

**Aditivo.** - Son aquellas sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades y mejorarla, estas pueden ser natural o artificial (Pérez et al., 2016).

**Relación agua/cemento (a/c).** - La relación agua/cemento es un parámetro importante de la composición del concreto, pues tiene influencia sobre su resistencia, durabilidad y retracción, determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida, se obtiene mediante el cociente entre las cantidades de agua y de cemento existentes en el concreto fresco. Es decir que se calcula dividiendo la masa del agua por la del cemento contenido en un volumen dado de concreto (Rojas, 2015).

**Concreto.** - El concreto es un producto artificial que posee un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran incrustadas partículas a las que se denominan agregado. La pasta es la fase continua del concreto pues está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de este, mientras que el agregado es la fase discontinua del concreto pues sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras (Córdova, 2018).

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El polvo de vidrio influye significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) El polvo de vidrio influye significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco.
- b) Existe una influencia significativa entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido.

- c) El costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto es económicamente viable.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de las variables

**Variable independiente (X): Polvo de vidrio.** - Proviene de la pulverización del vidrio sódico-cálcico y está conformado por silicio, sodio y calcio, siendo la sílice la materia prima básica y el calcio causa por la que no es soluble en agua (Córdova, 2018).

**Variable dependiente (Y): Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.** - Son las características que el concreto posee al elaborarse y cuando empieza a desarrollar su resistencia a la compresión (Ponce, 2018).

### 2.5.2. Definición operacional de las variables

**Variable independiente (X): Cantidad de polvo de vidrio.** - Se obtiene del testeo del comportamiento al 8, 10 y 12 % respecto al peso del cemento.

**Variable dependiente (Y): Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.** - Se obtuvo del cálculo de peso unitario, slump, temperatura, rendimiento, contenido de aire, resistencia a la compresión y flexión.

### 2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 5. Operacionalización de las variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores
Polvo de vidrio	Cantidad de polvo de vidrio	Porcentaje óptimo
Propiedades del concreto	Propiedades en estado fresco	Peso unitario Slump Temperatura Rendimiento Contenido de aire
	Propiedades en estado endurecido	Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método investigación**

La presente investigación se basó en la aplicación del método científico, pues según Hernández et al. (2014) para aplicar este método es necesario realizar la investigación de manera sistematizada, partiendo de la observación, planteamiento del problema, planteamiento de hipótesis, experimentación para finalmente obtener conclusiones; en tal sentido todo lo descrito se ha aplicado para la ejecución de la presente investigación.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada si para su desarrollo se usa el conocimiento ya establecido en investigaciones básicas, con la finalidad de buscar soluciones a problemas reales que aquejan a una población (Bernal, 2006).

Con base a lo anterior la presente investigación fue de tipo aplicada pues utilizará conocimiento existente basado en lo que la normativa exige y en conceptos como la resistencia a la compresión, flexión, asentamiento, contenido de aire, etc.

### 3.3. Nivel de investigación

En nivel de investigación explicativo es aquel que busca ,además de la relación entre variables, establecer las causas y el efecto de un fenómeno estudiado, el cual se realiza generalmente mediante experimentos (Hernández et al., 2014). En tal sentido la presente investigación fue explicativo pues buscó determinar los efectos de la inclusión del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

### 3.4. Diseño de investigación

La presente investigación aplicó un diseño de investigación experimental del tipo pre experimental; esto basado en (Hernández et al., 2014) quien menciona que una investigación experimental es aquella en la que se manipula la variable independiente para medir los efectos causados en la variable dependiente.

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

La población correspondió al concreto con adición de polvo de vidrio y el concreto convencional, siendo un total de 120 especímenes tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 6. Muestras.

Ensayo	Patrón	8%	10%	12%	Total
Propiedades en estado fresco					
Slump	3	3	3	3	12
Contenido de aire	3	3	3	3	12
Temperatura	3	3	3	3	12
Peso unitario	3	3	3	3	12
Rendimiento	3	3	3	3	12
Propiedades en estado endurecido					
Resistencia a la compresión (14, 21 y 28 días)	9	9	9	9	36
Resistencia a la flexión (14, 21 y 28 días)	6	6	6	6	24

#### 3.5.2. Muestra

Para la selección de muestra no se aplicó técnica de muestreo porque correspondió a la totalidad de la población, es decir los 120 especímenes.

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

### **3.6.1. Técnicas**

#### **Observación directa**

La observación directa es una técnica que consiste en establecer las características principales del objeto de estudio bajo ciertas condiciones controladas; en tal sentido esta técnica fue aplicada en laboratorio, durante la caracterización de los materiales y en la ejecución de los ensayos para determinar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

#### **Análisis de documentos**

El análisis documental es una técnica que proporciona una metodología para establecer la bibliografía que coadyuve al desarrollo de la investigación; en tal sentido esta técnica se aplicó en el desarrollo de la presente tesis, especialmente al momento de establecer las metodologías para la ejecución de los ensayos.

### **3.6.2. Instrumento**

Los instrumentos para la recolección de datos son aquellos que las normativas vigentes establecen para el desarrollo de cada ensayo para determinar las propiedades del concreto; esto son:

- Cono de Abrams.
- Termómetro.
- Balanza electrónica.
- Máquina de rotura a compresión.
- Máquina de rotura a flexión.
- Olla Washington.

### **3.7. Procedimiento de recolección de datos**

Se comenzó con la elaboración de especímenes de concreto, para lo cual se realizó la mezcla de acuerdo a el diseño de mezcla elaborado previamente.

Al tener el concreto en estado fresco, con una parte se realizó los ensayos de slump, temperatura, contenido de aire, peso unitario y rendimiento utilizando los materiales y equipos ya mencionados.

Luego de realizar los ensayos en estado fresco del concreto, se continuó con la elaboración de las probetas y las vigas para poder realizar los ensayos de compresión y flexión.

Los especímenes se dejaron en el pozo de curado hasta llegar a las edades de rotura (14, 21 y 28 días).

Al tener las muestras en estado endurecido, se procedió a realizar los ensayos de esfuerzo a la compresión y a la flexión.

Finalmente, se realizó la anotación de los resultados para poder ser procesados, lo cual es material fundamental para esta investigación.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Las técnicas y análisis de datos para la presente investigación se basarán en el enfoque cuantitativo, en tal sentido se hará uso de la estadística descriptiva tales como la distribución de frecuencias, medida de tendencia central (media, mediana y moda), medidas de variabilidad (rango, desviación estándar y varianza).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco.

##### 4.1.1. Asentamiento

Rivera (2013) define al ensayo que se aplicó como un método indirecto para determinar la manejabilidad de una mezcla midiendo la consistencia o fluidez del concreto preparado, para ello se utilizó la NTP 339.035 – ASTM C143 con los siguientes resultados:

Tabla 7. Asentamiento del concreto en estado fresco según NTP 339.035 - ASTM C143.

Muestra	Slump (pulg)	Slump (cm)	% de slump
Concreto patrón o convencional	4.5	11.50	100.0%
Concreto + 8% de polvo de vidrio	4.5	11.50	100.0%
Concreto + 10% de polvo de vidrio	4.3	11.00	95.7%
Concreto + 12% de polvo de vidrio	4.3	11.00	95.7%

En la Tabla 7 se muestra el asentamiento del concreto patrón o convencional y los concretos con polvo de vidrio agregados en estado fresco, donde los concretos de 10 y 12 % de polvo de vidrio

añadido cuentan con 4.3% menos de slump; mientras que el de 8%, se mantiene con la misma consistencia que la convencional.

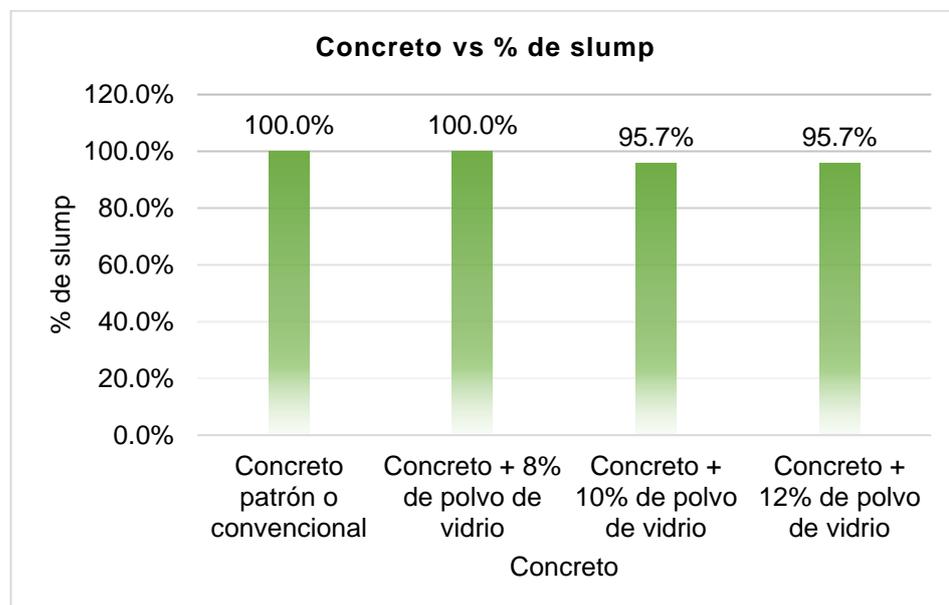


Figura 9. Variación del slump respecto al % de polvo de vidrio.

La Figura 9 representa a la variación del asentamiento del concreto en porcentaje de acuerdo al porcentaje de polvo de vidrio añadido considerando como condición básica al concreto patrón o convencional.

#### 4.1.2. Contenido de aire

Tabla 8. Contenido de aire de concreto en estado fresco según NTP 339.083 - ASTM C231.

Muestra	Lectura del manómetro (%)	Factor de corrección del agregado (%)	Contenido de aire (%)	Contenido de aire promedio (%)
<b>Concreto patrón o convencional</b>				
01	2.0%	0.2%	1.8%	1.8%
02	1.9%	0.2%	1.7%	
03	2.1%	0.2%	1.9%	
<b>Concreto + 8% de polvo de vidrio</b>				
01	2.4%	0.2%	2.2%	2.2%
02	2.3%	0.2%	2.1%	
03	2.4%	0.2%	2.2%	
<b>Concreto + 10% de polvo de vidrio</b>				
01	2.4%	0.2%	2.2%	2.4%
02	2.7%	0.2%	2.5%	
03	2.6%	0.2%	2.4%	
<b>Concreto + 12% de polvo de vidrio</b>				
01	2.6%	0.2%	2.4%	2.4%
02	2.6%	0.2%	2.4%	
03	2.5%	0.2%	2.3%	

De acuerdo a Riva (2006), el contenido de aire depende de factores que son empleados durante el proceso de mezcla del concreto, como las propiedades y proporciones de los materiales, el tiempo de mezclado y el tipo de mezcladora; para calcular el contenido de aire de concreto en estado fresco se usó el método de presión detallado en la NTP 339.083 – ASTM C231, cuyo resultado se muestra en la Tabla 8, además de comparar el concreto patrón y con adición de polvo de vidrio, donde con 10 y 12 % de polvo de vidrio hubo un incremento de 0.6 % de contenido de aire, lo que se traduce en un incremento de la durabilidad.

Tabla 9. Contenido de aire promedio del concreto.

Muestra	% de contenido de aire	% de contenido de aire patrón
Concreto patrón o convencional	1.8%	100.0%
Concreto + 8% de polvo de vidrio	2.2%	122.2%
Concreto + 10% de polvo de vidrio	2.4%	133.3%
Concreto + 12% de polvo de vidrio	2.4%	

La Tabla 9 muestra los promedios de contenido de aire obtenidos, con los cuales se realizó una comparación del contenido de aire respecto al concreto patrón, donde el concreto con adición de 10 y 12 % de polvo de vidrio con un 33.3 % de contenido de aire adicional.

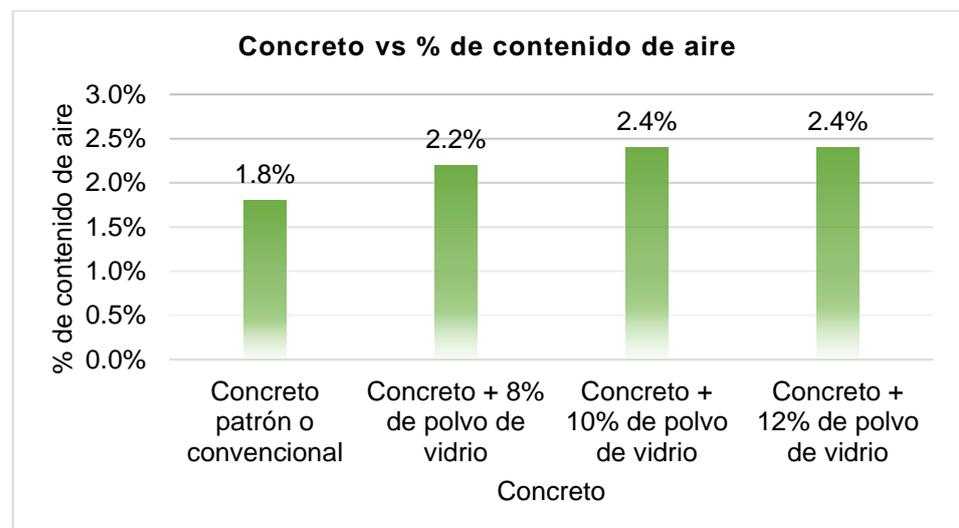


Figura 10. Contenido de aire del concreto respecto al % de polvo de vidrio añadido.

La Figura 10 representa la variación del contenido de aire presente en el concreto en estado fresco en relación al porcentaje de polvo de vidrio añadido.

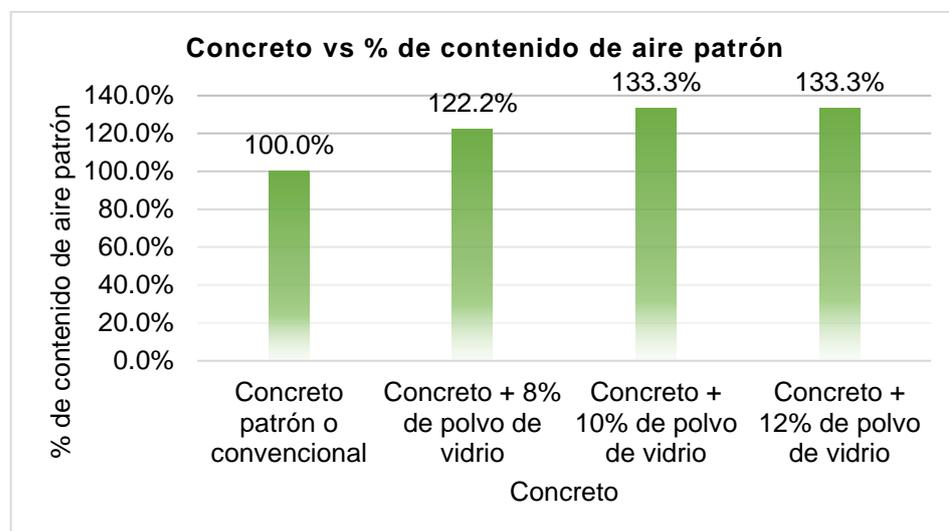


Figura 11. Variación del contenido de aire.

La Figura 11 representa la variación del contenido de aire presente en el concreto en estado fresco de acuerdo al porcentaje de polvo de vidrio añadido considerando como condición básica al concreto patrón o convencional.

#### 4.1.3. Temperatura

Tabla 10. Temperatura del concreto en estado fresco según NTP339.184 – ASTM C1064.

Muestra	Temperatura del concreto			Promedio parcial (°C)	Promedio (°C)
	1°	2°	3°		
<b>Concreto patrón o convencional</b>					
01	16.5	16.5	16.4	16.5	16.5
02	16.4	16.4	16.5	16.4	
03	16.6	16.6	16.5	16.6	
<b>Concreto + 8% de polvo de vidrio</b>					
01	17.2	17.0	17.0	17.1	17.0
02	16.9	17.1	17.1	17.0	
03	17.0	17.0	17.0	17.0	
<b>Concreto + 10% de polvo de vidrio</b>					
01	17.1	17.1	17.0	17.1	17.0
02	17.0	17.1	17.0	17.0	
03	17.0	17.0	16.9	17.0	
<b>Concreto + 12% de polvo de vidrio</b>					
01	16.9	17.0	17.1	17.0	17.0
02	16.9	17.0	17.0	17.0	
03	17.0	17.1	17.2	17.1	

Riva (2006) sustenta que la temperatura del concreto es de gran importancia debido a que, es la propiedad que determina la velocidad con la que llegan a ocurrir los fenómenos de deterioro del concreto. Por ello, para el cálculo de la temperatura del concreto en estado fresco se empleó la NTP 339.184 – ASTM C1064, y se encontró lo mostrado en la Tabla 10 donde se observa que en las muestras de concreto patrón y de concreto con polvo de vidrio, se llegaron a temperaturas máximas de 17.2 °C y mínimas de 16.0 °C.

Tabla 11. Temperatura del concreto promedia.

Muestra	Temperatura promedia (°C)	% de temperatura
Concreto patrón o convencional	16.5	100.0%
Concreto + 8% de polvo de vidrio	17.0	103.0%
Concreto + 10% de polvo de vidrio	17.0	103.0%
Concreto + 12% de polvo de vidrio	17.0	103.0%

La Tabla 11 muestra los promedios calculados previamente de temperatura del concreto en estado fresco, donde la temperatura de las muestras con adición de polvo de vidrio varía hasta 3.0% en relación a la temperatura del concreto convencional.

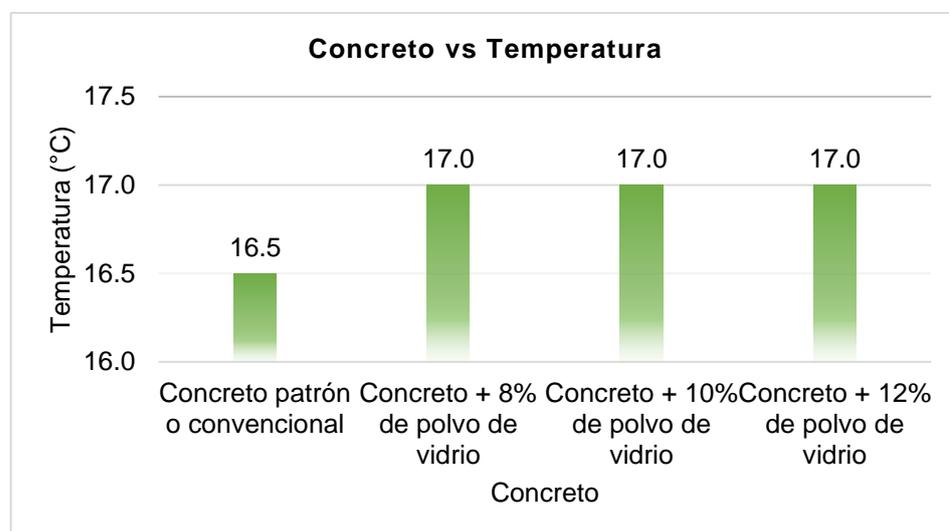


Figura 12. Variación de la temperatura.

La Figura 12 representa la variación de la temperatura presente del concreto en estado fresco en relación al porcentaje polvo de vidrio añadido.

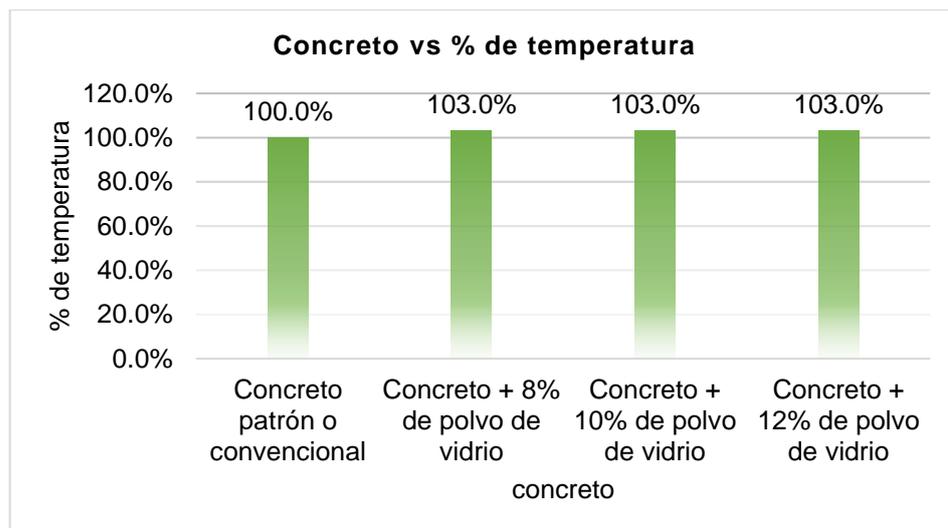


Figura 13. Variación porcentual de la temperatura

La Figura 13 representa la variación de la temperatura presente en el concreto en estado fresco de acuerdo al porcentaje de polvo de vidrio añadido considerando como condición básica al concreto patrón o convencional.

#### 4.1.4. Peso unitario y rendimiento

El método empleado genera resultados apropiadamente seguros, aunque pueden producirse errores debido al porcentaje de aire que está presente durante el ensayo. El peso unitario y el rendimiento del concreto en estado fresco fueron hallados con ayuda de la NTP 339.046 – ASTM C 138, donde:

Tabla 12. Peso unitario y rendimiento del concreto en estado fresco según NTP339.046 – ASTM C 138.

Muestra	Peso de recipiente + peso de concreto (kg)	Peso de recipiente (kg)	Volumen de recipiente (m <sup>3</sup> )	Peso de concreto (kg)	P.U.C. diseño (kg/m <sup>3</sup> )	P.U.C. real (kg/m <sup>3</sup> )	Rendimiento	P.U.C. real promedio (kg/m <sup>3</sup> )	Rendimiento promedio
Concreto patrón o convencional									
01	20.366	7.411	0.0056	12.955	2302.54	2313.39	0.9953	2313.51	0.995
02	20.387	7.427	0.0056	12.960	2302.54	2314.29	0.9949		
03	20.408	7.456	0.0056	12.952	2302.54	2312.86	0.9955		
Concreto + 8% de polvo de vidrio									
01	20.369	7.411	0.0056	12.958	2302.54	2313.93	0.9951	2311.13	0.996
02	20.370	7.427	0.0056	12.943	2302.54	2311.25	0.9962		
03	20.382	7.456	0.0056	12.926	2302.54	2308.21	0.9975		
Concreto + 10% de polvo de vidrio									
01	20.402	7.411	0.0056	12.991	2302.54	2319.82	0.9926	2319.11	0.993
02	20.421	7.427	0.0056	12.994	2302.54	2320.36	0.9923		
03	20.432	7.456	0.0056	12.976	2302.54	2317.14	0.9937		
Concreto + 12% de polvo de vidrio									
01	20.435	7.411	0.0056	13.024	2302.54	2325.71	0.9900	2325.60	0.990
02	20.455	7.427	0.0056	13.028	2302.54	2326.43	0.9897		
03	20.474	7.456	0.0056	13.018	2302.54	2324.64	0.9905		

En la Tabla 12 se aprecia que los rendimientos de las muestras de concreto con adición de polvo de vidrio están decreciendo de 0.996 hasta 0.990, pero el P.U.C. real va en crecimiento hasta llegar a un máximo de 2325.90 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 13. Peso unitario y rendimiento promedio del concreto.

Muestra	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	% de peso unitario	Rendimiento	% de rendimiento
Concreto patrón o convencional	2313.51	100.0%	0.995	100.0%
Concreto + 8% de polvo de vidrio	2311.13	99.9%	0.996	100.1%
Concreto + 10% de polvo de vidrio	2319.11	100.2%	0.993	99.8%
Concreto + 12% de polvo de vidrio	2325.60	100.5%	0.990	99.5%

La Tabla 13 muestra los promedios calculado previamente de peso unitario y rendimiento del concreto en estado fresco, luego se realizó una comparación respecto al concreto patrón o convencional, donde el concreto con 12 % de polvo de vidrio está 0.5% debajo al rendimiento patrón y 0.5 % por encima del peso unitario patrón.

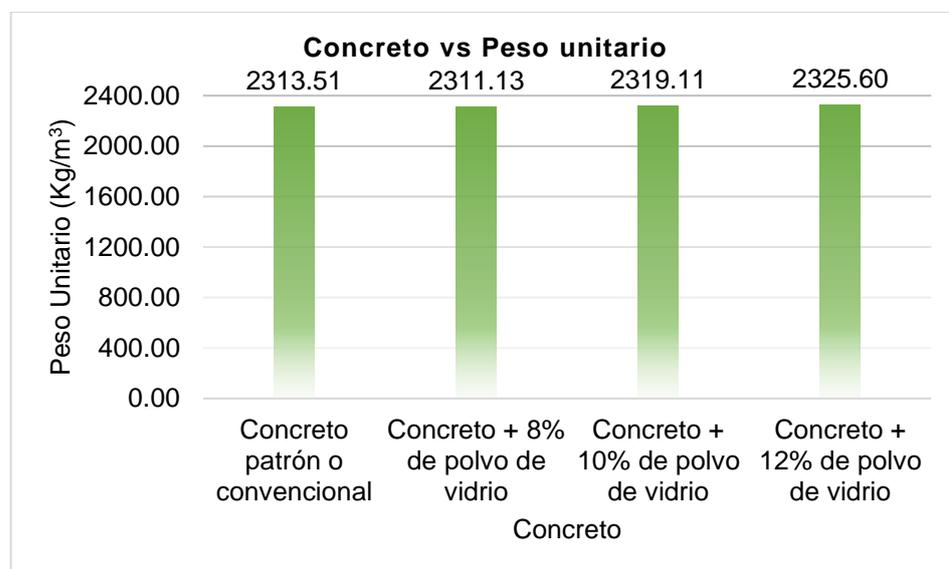


Figura 14. Peso unitario del concreto en estado fresco respecto al % de polvo de vidrio añadido.

La Figura 14 representa como varía el peso unitario presente en el concreto en estado fresco en relación al porcentaje polvo de vidrio añadido.

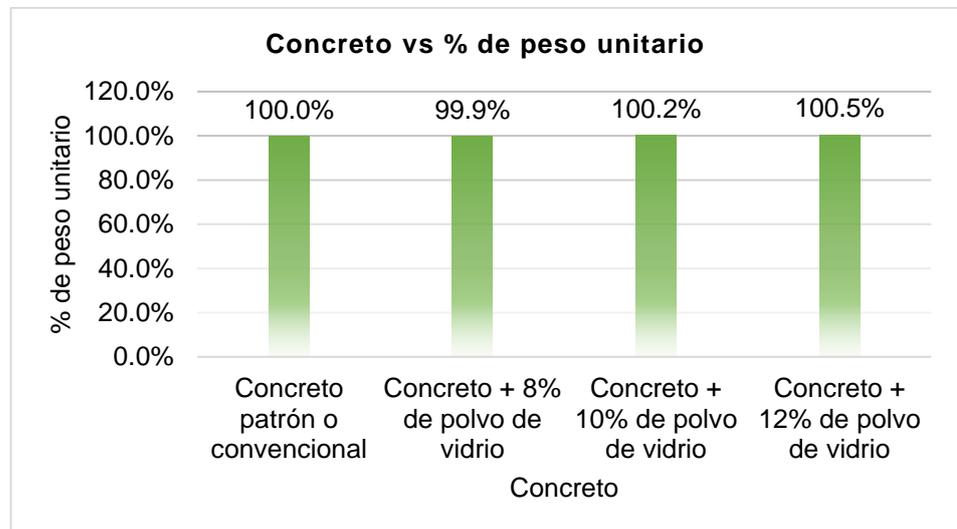


Figura 15. Variación porcentual del peso unitario.

La Figura 15 representa la variación del porcentaje de peso unitario presente en el concreto en estado fresco de acuerdo al porcentaje de polvo de vidrio añadido considerando como condición básica al concreto patrón o convencional.

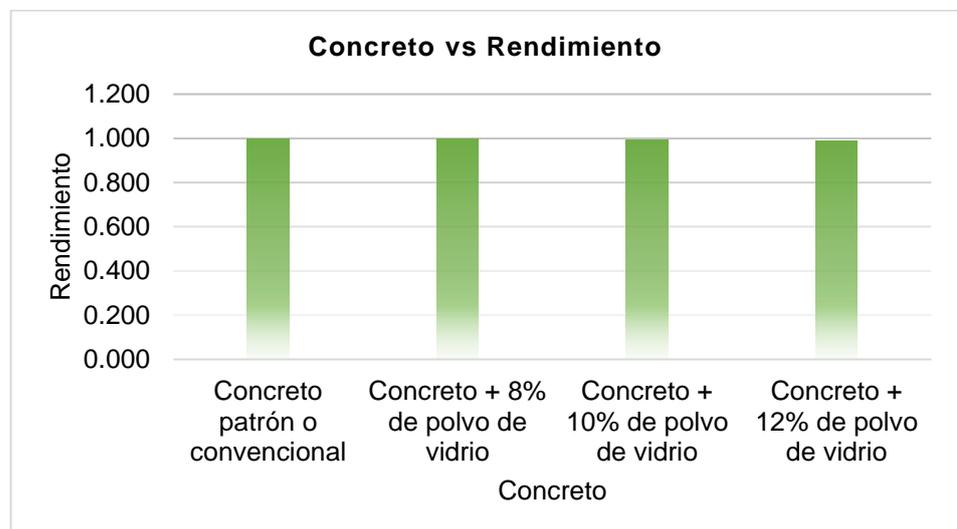


Figura 16. Rendimiento del concreto en estado fresco respecto al % de polvo de vidrio añadido.

La Figura 16 representa como varía el rendimiento del concreto en estado fresco en relación al porcentaje polvo de vidrio añadido.

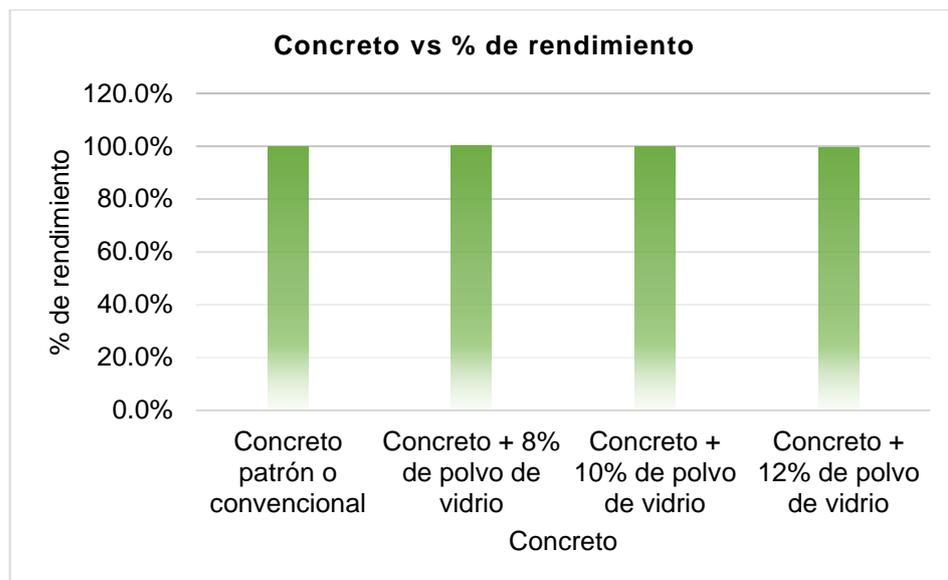


Figura 17. Variación porcentual del rendimiento.

La Figura 17 representa la variación del porcentaje de rendimiento del concreto en estado fresco de acuerdo al porcentaje de polvo de vidrio añadido considerando como condición básica al concreto patrón o convencional.

## 4.2. Relación entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido.

### 4.2.1. Resistencia a la compresión

Castillo y Quispe (2019) menciona que la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área, donde aquel esfuerzo resistente a la carga es el valor resultante. Para hallar la resistencia a la compresión simple en probetas estándar de concreto endurecido se utilizó la NTP 339.034 - ASTM C 39, donde los resultados fueron:

Tabla 14. Resistencia a la compresión simple del concreto patrón o convencional según NTP 339.034 - ASTM C 39.

Muestra	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Ds	Coefficiente de variación (%)
01	14	81.71	135.21	13791.0	168.78	170.96	2.0	1.2%
02	14	81.71	138.45	14122.0	172.82			
03	14	81.71	137.22	13996.0	171.29			
01	21	81.71	154.20	15728.0	192.48	192.30	1.4	0.7%
02	21	81.71	152.86	15592.0	190.81			
03	21	81.71	155.10	15820.0	193.61			
01	28	81.71	171.12	17454.0	213.60	212.73	0.9	0.4%
02	28	81.71	169.69	17308.0	211.82			
03	28	81.71	170.45	17386.0	212.77			

En la Tabla 14 se aprecia, para el concreto patrón o convencional, una desviación estándar entre 0.5 y 2.5; y un coeficiente de variación mínimo con valores menores a 1.5%.

La resistencia de compresión muestra un incremento de la resistencia a la compresión del concreto patrón, mostrando así que la elaboración de los testigos fue de manera correcta.

Tabla 15. Resistencia a la compresión simple promedio del concreto patrón o convencional.

Muestra	Edad (días)	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	F'c diseño (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje alcanzado (%)
01 02 03	14	170.96	210	81.4%
01 02 03	21	192.30	210	91.6%
01 02 03	28	212.73	210	101.3%

En la Tabla 15 se exponen los promedios de resistencia a la compresión simple del concreto patrón o convencional donde se alcanzó 1.4%, 1.6% y 1.3% de resistencia adicional en las edades de 14, 21 y 28 días, frente a los valores estándar de 80%, 90% y 100% en las edades respectivas.

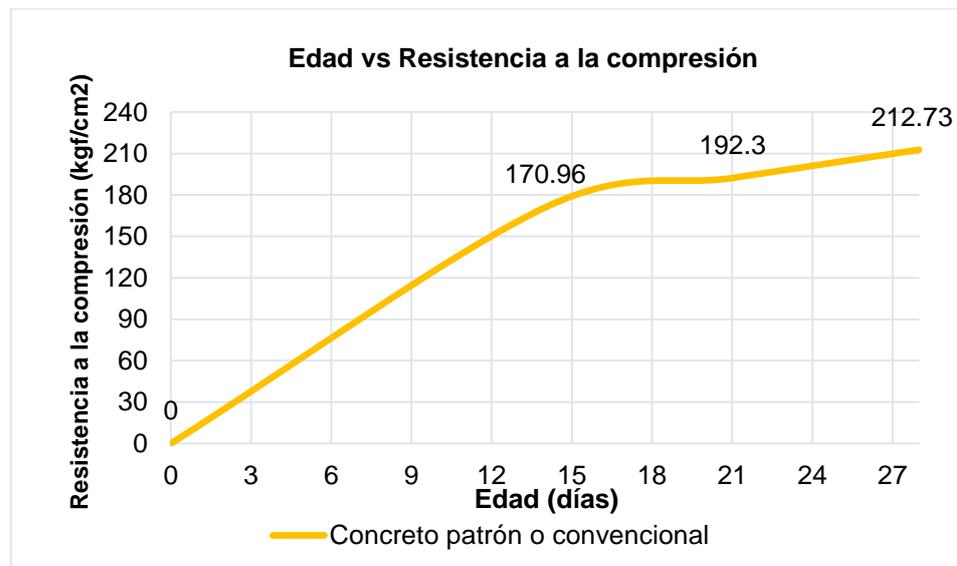


Figura 18. Resistencia a la compresión simple del concreto patrón o convencional.

La Figura 18 evidencia la resistencia a la compresión simple del concreto patrón o convencional en las edades de 14, 21 y 28 días.

Tabla 16. Resistencia a la compresión simple del concreto con 8% de polvo de vidrio añadido según NTP 339.034 - ASTM C 39.

Muestra	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Ds	Coefficiente de variación (%)
01	14	81.71	143.69	14656.0	179.36	179.03	1.9	1.1%
02	14	81.71	141.78	14462.0	176.98			
03	14	81.71	144.80	14770.0	180.75			
01	21	81.71	162.40	16565.0	202.72	203.18	1.3	0.6%
02	21	81.71	163.95	16723.0	204.65			
03	21	81.71	161.97	16521.0	202.18			
01	28	81.71	180.54	18415.0	225.36	223.64	1.7	0.7%
02	28	81.71	177.89	18145.0	222.05			
03	28	81.71	179.05	18263.0	223.50			

En la Tabla 16 se aprecia, para el concreto con 8% de polvo de vidrio añadido, una desviación estándar de valores situados entre 1.0 y 2.0; y un coeficiente de variación mínimo con valores menores a 1.5 %.

Tabla 17. Resistencia a la compresión simple promedio del concreto más 8% de polvo de vidrio.

Muestra	Edad (días)	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	F'c diseño (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje alcanzado (%)
01	14	179.03	210	85.3%
02				
03				
01	21	203.18	210	96.8%
02				
03				
01	28	223.64	210	106.5%
02				
03				

La Tabla 17 expone los promedios de resistencia a la compresión simple del concreto con 8 % de polvo de vidrio añadido que alcanzaron, frente a los valores estándar, una resistencia de 5.3 %, 6.8 % y 6.5 % adicional a edades de 14, 21 y 28 días respectivamente.

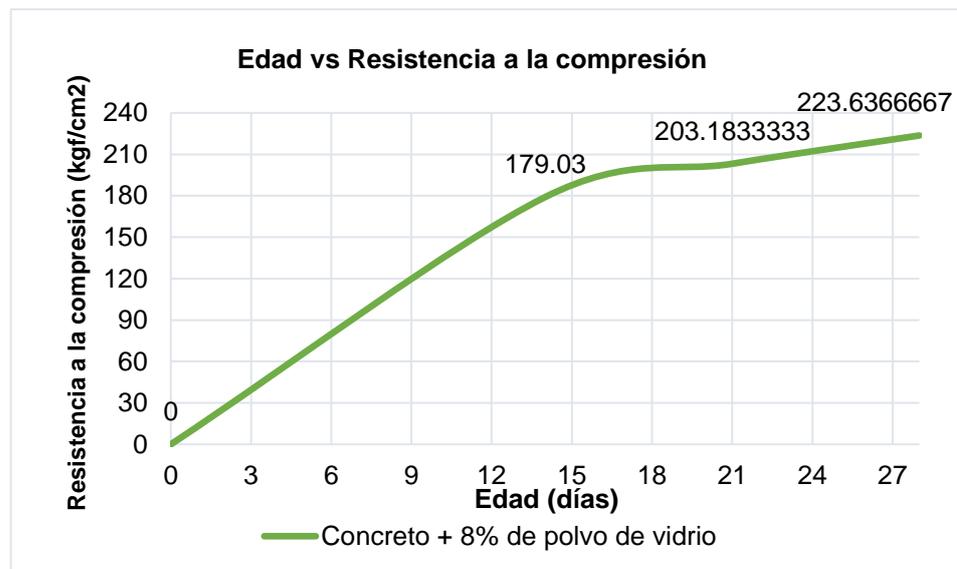


Figura 19. Resistencia a la compresión simple del concreto más 8% de polvo de vidrio.

La Figura 19 evidencia la resistencia a la compresión simple del concreto con 8% de polvo de vidrio añadido en las edades de 14, 21 y 28 días

Tabla 18. Resistencia a la compresión simple del concreto con 10% de polvo de vidrio añadido según NTP 339.034 - ASTM C 39.

Muestra	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Ds	Coefficiente de variación (%)
01	14	81.71	148.52	15149.0	185.39	186.72	2.7	1.5%
02	14	81.71	148.13	15109.0	184.91			
03	14	81.71	152.10	15514.0	189.86			
01	21	81.71	168.95	17233.0	210.90	212.52	1.5	0.7%
02	21	81.71	171.25	17468.0	213.77			
03	21	81.71	170.54	17395.0	212.88			
01	28	81.71	186.52	19025.0	232.83	231.50	1.2	0.5%
02	28	81.71	184.58	18827.0	230.41			
03	28	81.71	185.26	18897.0	231.25			

En la Tabla 18 se aprecia, para el concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido, una desviación estándar de valores situados entre 1.0 y 3.0; y un coeficiente de variación máximo con valor de 1.5 %.

Tabla 19. Resistencia a la compresión simple promedio del concreto más 10% de polvo de vidrio.

Muestra	Edad (días)	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	F'c diseño (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje alcanzado (%)
01 02 03	14	186.72	210	88.9%
01 02 03	21	212.52	210	101.2%
01 02 03	28	231.50	210	110.2%

La Tabla 19 expone los promedios de resistencia a la compresión del concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido que alcanzaron, frente a los valores estándar, una resistencia de 8.9 %, 11.2 % y 10.2 % adicional a edades de 14, 21 y 28 días respectivamente.

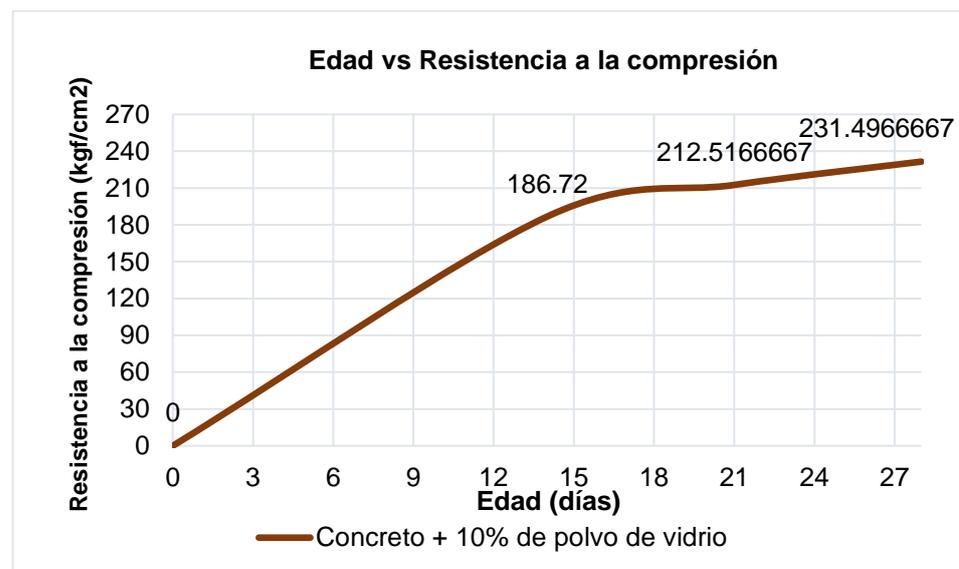


Figura 20. Resistencia a la compresión simple del concreto más 10% de polvo de vidrio.

La Figura 20 evidencia la resistencia a la compresión simple del concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido en las edades de 14, 21 y 28 días.

Tabla 20. Resistencia a la compresión simple del concreto con 12% de polvo de vidrio añadido según NTP 339.034 - ASTM C 39.

Muestra	Edad (días)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (KN)	Carga (kg)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	Ds	Coefficiente de variación (%)
01	14	81.71	154.00	15718.0	192.36	192.66	1.5	0.8%
02	14	81.71	153.30	15637.0	191.36			
03	14	81.71	155.62	15873.0	194.26			
01	21	81.71	174.21	17769.0	217.46	218.27	1.6	0.7%
02	21	81.71	173.99	17747.0	217.19			
03	21	81.71	176.36	17989.0	220.15			
01	28	81.71	196.52	20045.0	245.31	243.79	1.5	0.6%
02	28	81.71	194.11	19411.0	242.30			
03	28	81.71	195.28	19919.0	243.76			

En la Tabla 20 se muestra, para el concreto con 12 % de polvo de vidrio añadido, una desviación estándar de valores de 1.5, 1.5 y 1.6; y un coeficiente de variación con un valor máximo de 0.8 %.

Tabla 21. Resistencia a la compresión simple promedio del concreto más 12% de polvo de vidrio.

Muestra	Edad (días)	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )	F'c diseño (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje alcanzado (%)
01	14	192.66	210	91.7%
02				
03				
01	21	218.27	210	103.9%
02				
03				
01	28	243.79	210	116.1%
02				
03				

La Tabla 21 expone los promedios de resistencia a la compresión del concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido que alcanzaron, frente a los valores estándar, una resistencia de 11.7 %, 13.9 % y 16.1 % adicional a edades de 14, 21 y 28 días respectivamente.

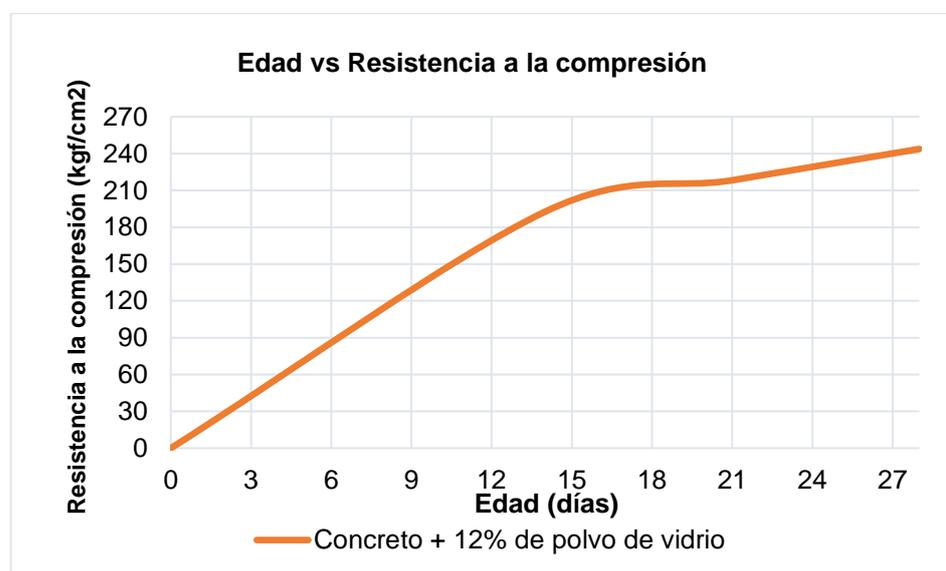


Figura 21. Resistencia a la compresión simple del concreto más 12% de polvo de vidrio.

La Figura 21 evidencia la resistencia a la compresión simple del concreto con 12 % de polvo de vidrio añadido en las edades de 14, 21 y 28 días.

Tabla 22. Resumen de la resistencia a la compresión simple del concreto.

Concreto	Edad (días)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	F'c diseño (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje alcanzado (%)
Concreto patrón o convencional	14	170.96	210	81.4%
	21	192.30	210	91.6%
	28	212.73	210	101.3%
Concreto + 8% de polvo de vidrio	14	179.03	210	85.3%
	21	203.18	210	96.8%
	28	223.64	210	106.5%
Concreto + 10% de polvo de vidrio	14	186.72	210	88.9%
	21	212.52	210	101.2%
	28	231.50	210	110.2%
Concreto + 12% de polvo de vidrio	14	192.66	210	91.7%
	21	218.27	210	103.9%
	28	243.79	210	116.1%

La muestra los promedios que fueron calculados anteriormente de la resistencia a la compresión simple del concreto en estado endurecido en probetas estándar, donde se realizó una comparación de la resistencia a la compresión simple entre el concreto patrón o convencional y el concreto con polvo de vidrio, con unas resistencias máximas de 212.73 kg/cm<sup>2</sup> y 243.79 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente a los 28 días.

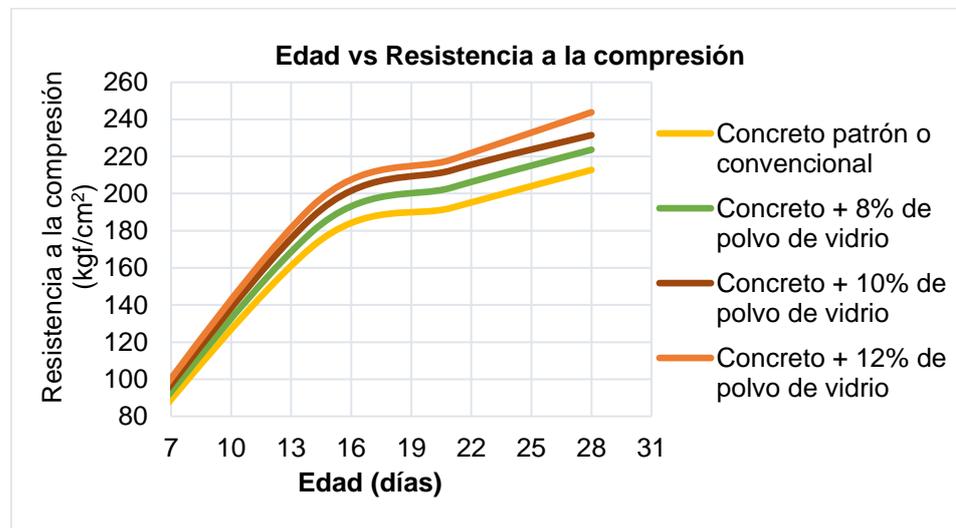


Figura 22. Resistencia a la compresión simple del concreto respecto al % de polvo de vidrio.

La Figura 22 muestra la resistencia a la compresión simple del concreto endurecido en probetas estándar respecto al % de polvo de vidrio añadido al concreto en las edades de 14, 21 y 28 días.

#### 4.2.2. Resistencia a la flexión

Para Castillo y Quispe (2019) la resistencia a la flexión viene a ser la resistencia a la falla por la aplicación de un momento a una viga, con mínimo de 6"x6" de sección transversal y teniendo en cuenta una luz mínima al espesor. Se calcula la resistencia a la flexión en vigas simples de concreto endurecido con el método de la viga simple cargada en el punto central para el concreto patrón o convencional haciendo uso de ASTM C 293, donde los valores son:

Tabla 23. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto patrón o convencional según ASTM C 293.

Muestra	Edad (días)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )
I	14	15.4	15.2	60.0	40.0	234.08	14044.80	33.71	2013.0	33.95	34.19
II	14	15.1	15.3	60.1	40.1	231.03	13884.90	33.32	2025.0	34.43	
I	21	15.1	15.1	60.1	40.1	228.01	13703.40	32.89	2362.0	41.23	40.67
II	21	15.2	15.4	60.0	40.0	234.08	14044.80	33.71	2410.0	40.11	
I	28	15.3	15.1	60.5	40.3	231.03	13977.32	33.55	2614.0	45.33	45.81
II	28	15.0	15.3	60.3	40.2	229.50	13838.85	33.21	2695.0	46.28	

En la Tabla 23 se aprecia la resistencia a la flexión para el concreto convencional, donde la máxima resistencia fue 45.81 kg/cm<sup>2</sup> para la edad de 28 días para una viga de medidas 15 x 15 x 60 cm aproximadamente.

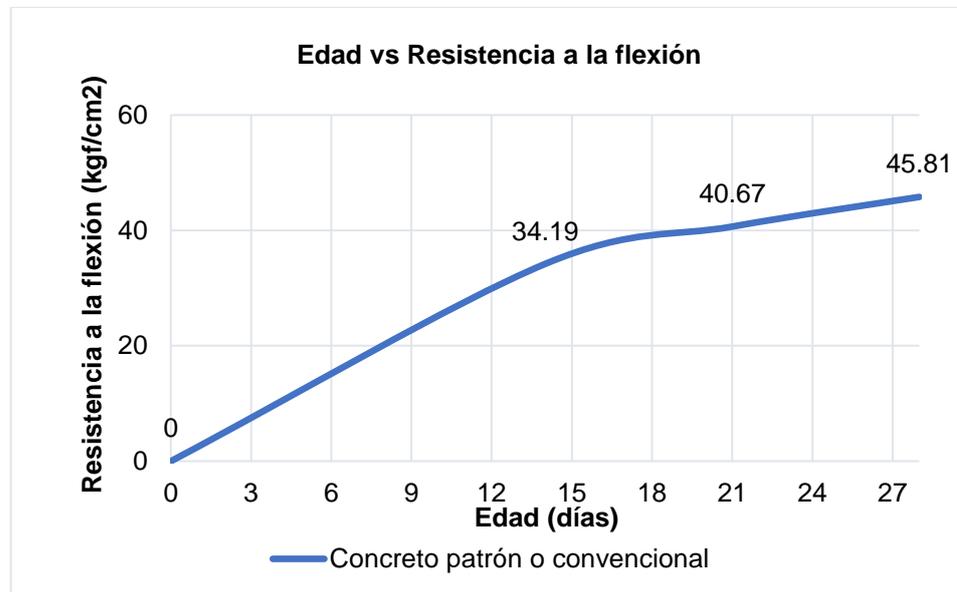


Figura 23. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto patrón o convencional.

La Figura 23 muestra la resistencia a la flexión en vigas simples de concreto endurecido con el método de la viga simple cargada en el punto central para el concreto patrón o convencional en las edades de 14, 21 y 28 días.

Tabla 24. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto con 8% de polvo de vidrio añadido según ASTM C 293.

Muestra	Edad (días)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )
I	14	15.4	15.2	60.0	40.0	234.08	14044.80	33.71	2214.0	37.34	38.00
II	14	15.1	15.3	60.1	40.1	231.03	13884.90	33.32	2274.0	38.66	
I	21	15.1	15.1	60.1	40.1	228.01	13703.40	32.89	2563.0	44.74	44.83
II	21	15.2	15.4	60.0	40.0	234.08	14044.80	33.71	2699.0	44.92	
I	28	15.3	15.1	60.5	40.3	231.03	13977.32	33.55	2795.0	48.47	48.85
II	28	15.0	15.3	60.3	40.2	229.50	13838.85	33.21	2866.0	49.22	

En la Tabla 24 se aprecia la resistencia a la flexión para el concreto con 8 % de polvo de vidrio añadido, donde la máxima resistencia fue 48.85 kg/cm<sup>2</sup> para la edad de 28 días para una viga de medidas 15 x 15 x 60 cm aproximadamente.

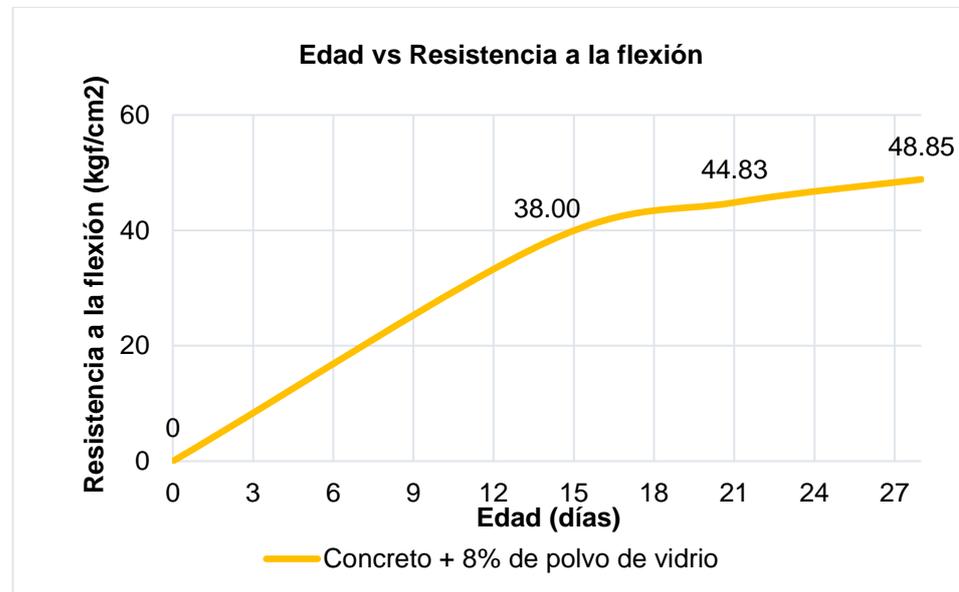


Figura 24. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto más 8% de polvo de vidrio.

La Figura 24 muestra la resistencia a la flexión en vigas simples de concreto endurecido con el método de viga simple cargada en el punto central para el concreto con 8 % de polvo de vidrio añadido en las edades de 14, 21 y 28 días.

Tabla 25. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto con 10% de polvo de vidrio añadido según ASTM C 293.

Muestra	Edad (días)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )
01	14	15.2	15.4	60.2	40.1	234.08	14091.62	33.82	2491.0	41.60	42.16
02	14	15.0	15.2	60.3	40.2	228.00	13748.40	33.00	2455.0	42.72	
01	21	15.0	15.3	60.1	40.1	229.50	13792.95	33.10	3113.0	53.28	53.04
02	21	15.3	15.2	60.2	40.1	232.56	14000.11	33.60	3100.0	52.79	
01	28	15.3	15.6	60.2	40.1	238.68	14368.54	34.48	3175.0	51.33	51.31
02	28	15.0	15.2	60.3	40.2	228.00	13748.40	33.00	2948.0	51.29	

En la Tabla 25 se aprecia la resistencia a la flexión para el concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido, donde la máxima resistencia fue 53.04 kg/cm<sup>2</sup> para la edad de 14 días para una viga de medidas 15 x 15 x 60 cm aproximadamente, el cual al llegar a los 28 días disminuye a una resistencia de 51.31 kg/cm<sup>2</sup>.

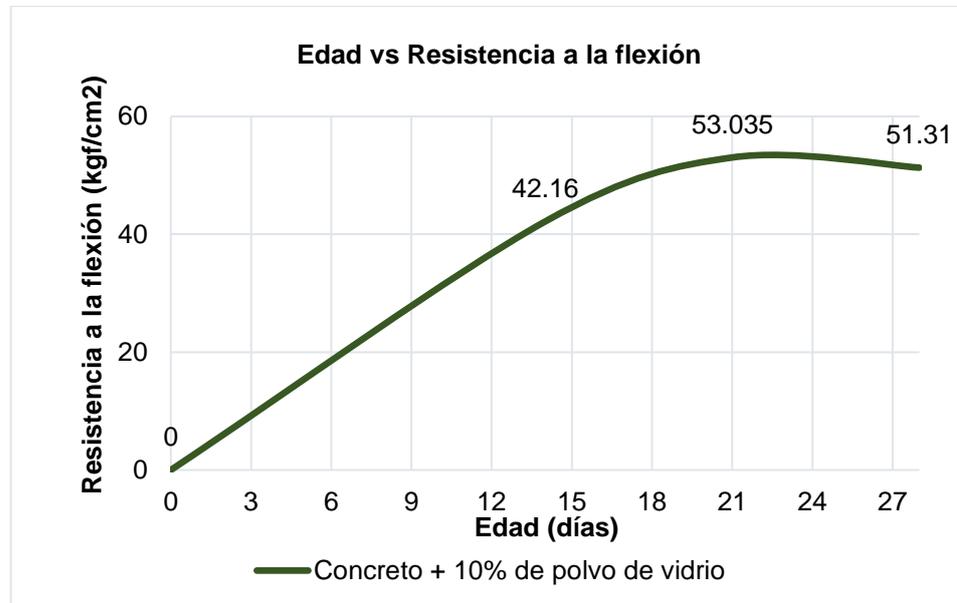


Figura 25. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto más 10% de polvo de vidrio.

La Figura 25 muestra la resistencia a la flexión en vigas simples de concreto endurecido con el método de viga simple cargada en el punto central para el concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido en las edades de 14, 21 y 28 días.

Tabla 26. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto con 12% de polvo de vidrio añadido según ASTM C 293.

Muestra	Edad (días)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Fuerza (kgf)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kgf/cm <sup>2</sup> )
01	14	15.0	15.3	60.3	40.2	229.50	13838.85	33.21	2836.0	48.70	48.94
02	14	15.1	15.2	60.1	40.1	229.52	13794.15	33.11	2855.0	49.18	
01	21	15.0	15.3	60.0	40.0	229.50	13770.00	33.05	3395.0	58.01	57.70
02	21	15.2	15.2	60.3	40.2	231.04	13931.71	33.44	3342.0	57.38	
01	28	15.1	15.2	60.0	40.0	229.52	13771.20	33.05	3515.0	60.45	60.80
02	28	15.4	15.1	60.2	40.1	232.54	13998.91	33.60	3566.0	61.14	

En la Tabla 26 se aprecia la resistencia a la flexión para el concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido, donde la máxima resistencia fue 60.80 kg/cm<sup>2</sup> para la edad de 28 días para una viga de medidas 15 x 15 x 60 cm aproximadamente.

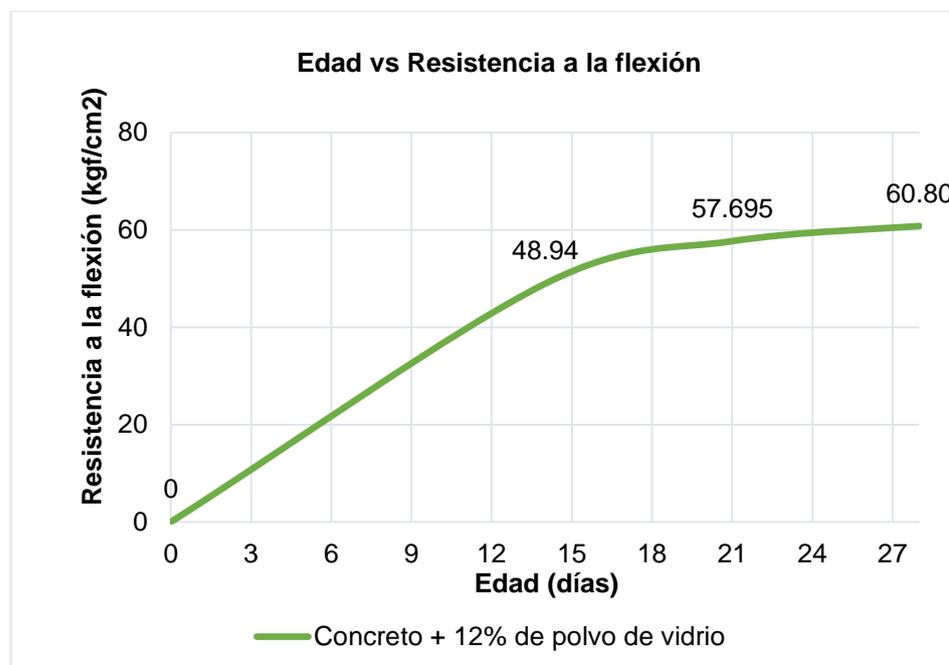


Figura 26. Resistencia a la flexión para una viga simple de concreto más 12% de polvo de vidrio.

La Figura 26 muestra la resistencia a la flexión en vigas simples de concreto endurecido con el método de viga simple cargada en el punto central para el concreto con 12 % de polvo de vidrio añadido en las edades de 14, 21 y 28 días.

Tabla 27. Resistencia a la resistencia a la flexión en vigas de concreto.

Concreto	Edad (días)	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón o convencional	14	34.19
	21	40.67
	28	45.81
Concreto + 8% de polvo de vidrio	14	38.00
	21	44.83
	28	48.85
Concreto + 10% de polvo de vidrio	14	42.16
	21	53.04
	28	51.31
Concreto + 12% de polvo de vidrio	14	48.94
	21	57.70
	28	60.80

En la Tabla 27 se aprecia los promedios de resistencia a la flexión en vigas simples de concreto endurecido con el método de viga simple cargada en el punto central del concreto patrón y las muestras de concreto con polvo de vidrio, donde se observa que a medida que el porcentaje de polvo de vidrio crece, el comportamiento del concreto mejora en relación a la flexión.

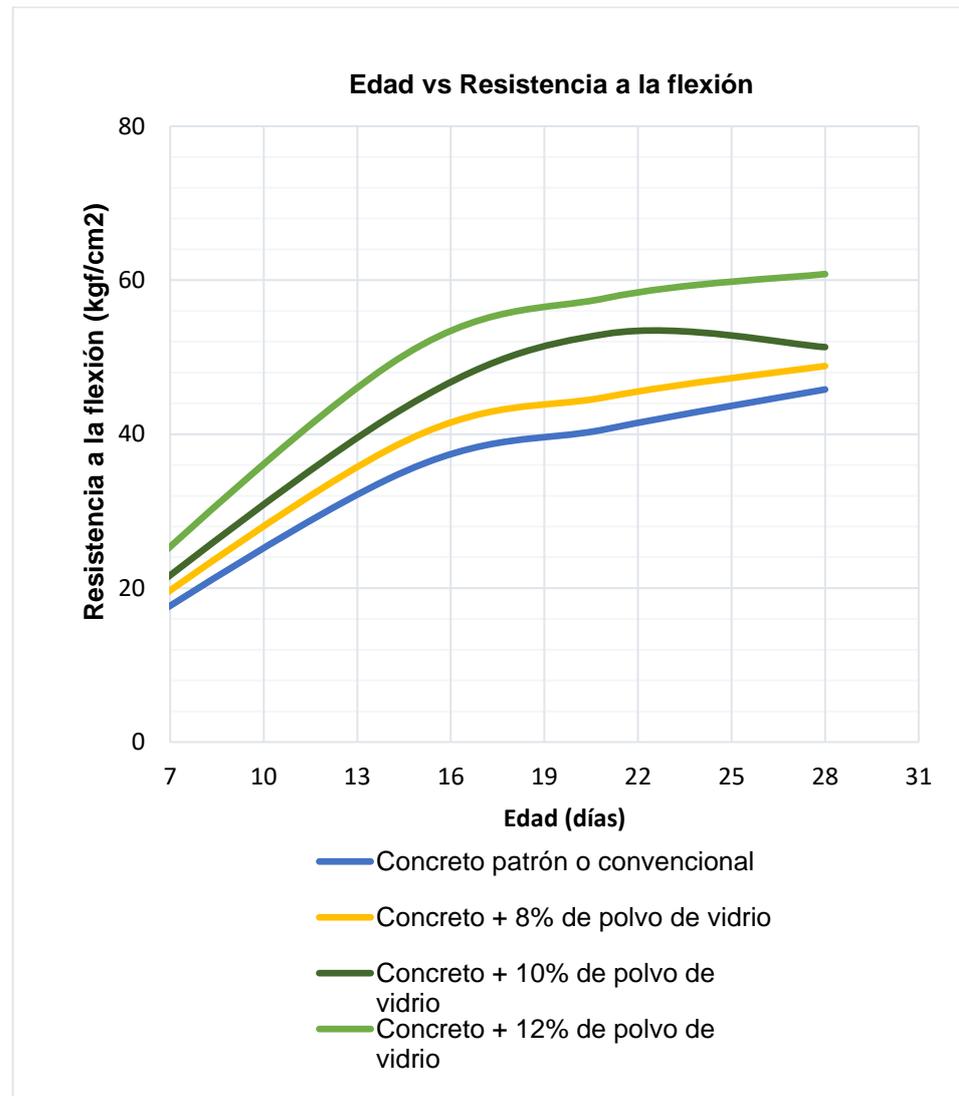


Figura 27. Resistencia a la flexión para vigas simple de concreto respecto al % de polvo de vidrio.

La Figura 27 muestra la resistencia a la flexión en vigas simples de concreto endurecido con el método de viga simple cargada en el punto central respecto al porcentaje de polvo de vidrio añadido en las edades de 14, 21 y 28 días.

#### 4.3. Estimación del costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto.

Luego de realizar los ensayos de las muestras para obtener las propiedades físicas y mecánicas, se ha estimado los costos de implementación del polvo de vidrio, el cual fue añadido al concreto en función al peso del cemento dentro del diseño de mezcla.

Tabla 28. Costo del polvo de vidrio por kilogramo.

Recursos	Rendimiento (kg/h)	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
<u>Materiales</u>					
Vidrio reciclado		kg	1.00	0.04	0.04
<u>Mano de obra</u>					
Molienda de vidrio	20.00	hh	0.05	4.00	0.20
Refinado	30.00	hh	0.03	4.00	0.13
Tamizado malla N° 100	60.00	hh	0.02	4.00	0.07
Total					0.44

En la Tabla 28 se observa el cálculo del costo del polvo de vidrio por kilogramo, el cual con un valor de S/ 0.44, se usó en las muestras de concreto ensayadas.

Tabla 29. Costo del concreto patrón o convencional.

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
Cemento	bolsas	8.22	23.50	193.17
Agregado fino	m <sup>3</sup>	0.41	60.00	24.85
Piedra chancada 3/4"	m <sup>3</sup>	0.69	65.00	44.68
Agua	m <sup>3</sup>	0.16	5.00	0.78
Total				263.48

La Tabla 29 contiene el costo por m<sup>3</sup> de concreto convencional con los precios actuales de los materiales en el mercado siendo S/ 263.48 soles.

Tabla 30. Costo del concreto con 8% de polvo de vidrio añadido.

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
Cemento	bolsas	8.22	23.50	193.17
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0.41	60.00	24.85
Piedra chancada 3/4"	m <sup>3</sup>	0.69	65.00	44.68
Agua	m <sup>3</sup>	0.16	5.00	0.78
Polvo de vidrio	kg	27.94	0.44	12.29
Total				275.77

La Tabla 30 contiene el costo de 1 m<sup>3</sup> de concreto con 8% de polvo de vidrio añadido, donde la cantidad de polvo de vidrio se basa en el peso del cemento, obteniendo un valor de S/ 275.77 soles.

Tabla 31. Costo del concreto con 10% de polvo de vidrio añadido.

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio (S/)
Cemento	bolsas	8.22	23.50	193.17
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0.41	60.00	24.85
Piedra chancada 3/4"	m <sup>3</sup>	0.69	65.00	44.68
Agua	m <sup>3</sup>	0.16	5.00	0.78
Polvo de vidrio	kg	34.92	0.44	15.37
<b>Total</b>				<b>278.84</b>

La Tabla 31 contiene el costo de 1 m<sup>3</sup> de concreto con 10% de polvo de vidrio añadido, donde el valor alcanzado es S/ 278.84.

Tabla 32. Costo del concreto con 12% de polvo de vidrio añadido.

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
Cemento	bolsas	8.22	23.50	193.17
Arena gruesa	m <sup>3</sup>	0.41	60.00	24.85
Piedra chancada 3/4"	m <sup>3</sup>	0.69	65.00	44.68
Agua	m <sup>3</sup>	0.16	5.00	0.78
Polvo de vidrio	kg	41.91	0.44	18.44
<b>Total</b>				<b>281.92</b>

La Tabla 32 contiene el costo de 1 m<sup>3</sup> de concreto con 12% de polvo de vidrio añadido, donde valor que alcanza es S/ 281.92.

Tabla 33. Estimación de costos del concreto convencional y con polvo de vidrio añadido.

Concreto	Precio total (S/)
Concreto patrón o convencional	263.48
Concreto + 8% de polvo de vidrio	275.77
Concreto + 10% de polvo de vidrio	278.84
Concreto + 12% de polvo de vidrio	281.92

La Tabla 33 muestra la estimación de costos de 1 m<sup>3</sup> de concreto convencional y concreto con polvo de vidrio añadido, donde el máximo valor llega a ser S/ 281.92 (la cantidad de polvo de vidrio se basa en el peso del cemento).

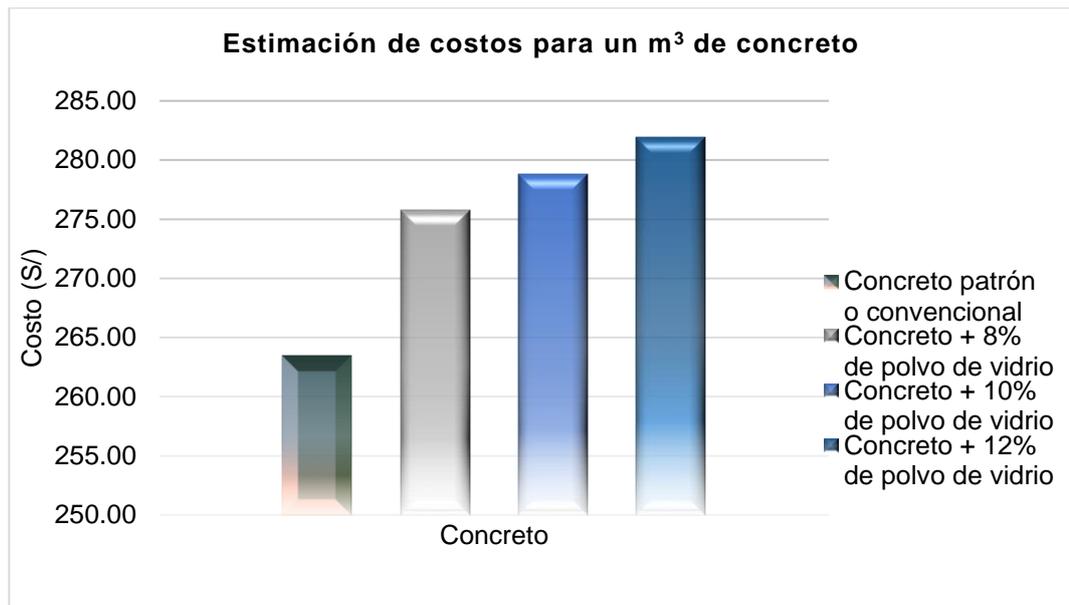


Figura 28. Estimación de costos para la implementación de polvo de vidrio en el concreto.

La Figura 28 muestra la estimación de costos del concreto respecto al porcentaje de polvo de vidrio añadido para 1 m<sup>3</sup> de concreto.

#### 4.4. Prueba de hipótesis

##### 4.4.1. Prueba de normalidad de los resultados

Para la identificación de qué prueba estadística se utilizará se determinó la normalidad de los datos:

Tabla 34. Prueba de normalidad de los datos.

Contenido de vidrio	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Estadístico	gl	Sig.	
Asentamiento	Patrón	0.17	3	1.00	3	1.00
	Más 8 % de vidrio	0.17	3	1.00	3	1.00
	Más 10 % de vidrio	0.17	3	1.00	3	1.00
	Más 12 % de vidrio	0.17	3	1.00	3	1.00
Contenido de aire	Patrón	0.17	3	1.00	3	1.00
	Más 8 % de vidrio	0.38	3	0.75	3	0.00
	Más 10 % de vidrio	0.25	3	0.96	3	0.64
	Más 12 % de vidrio	0.38	3	0.75	3	0.00
Temperatura	Patrón	0.17	3	1.00	3	1.00
	Más 8 % de vidrio	0.38	3	0.75	3	0.00
	Más 10 % de vidrio	0.38	3	0.75	3	0.00
	Más 12 % de vidrio	0.38	3	0.75	3	0.00
Peso unitario	Patrón	0.23	3	0.98	3	0.72
	Más 8 % de vidrio	0.18	3	1.00	3	0.93
	Más 10 % de vidrio	0.33	3	0.87	3	0.30

	Más 12 % de vidrio	0.22	3	0.99	3	0.79
Rendimiento	Patrón	0.25	3	0.96	3	0.64
	Más 8 % de vidrio	0.19	3	1.00	3	0.91
	Más 10 % de vidrio	0.31	3	0.90	3	0.39
	Más 12 % de vidrio	0.23	3	0.98	3	0.73
	Patrón	0.18	3	1.00	3	0.93
Resistencia a la compresión	Más 8 % de vidrio	0.20	3	0.99	3	0.86
	Más 10 % de vidrio	0.25	3	0.97	3	0.67
	Más 12 % de vidrio	0.18	3	1.00	3	0.97
	Patrón	0.31	3	0.90	3	0.38
Resistencia a la flexión	Más 8 % de vidrio	0.18	3	1.00	3	0.99
	Más 10 % de vidrio	0.29	3	0.92	3	0.46
	Más 12 % de vidrio	0.18	3	1.00	3	0.98
	Patrón	0.31	3	0.90	3	0.38

De acuerdo a la Tabla 34 y considerando los resultados de análisis según Shapiro-Wilk (por contar menos de 50 muestras) los datos que presentan distribución normal son los de asentamiento, peso unitario, rendimiento, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, esto por presentar un nivel de significancia mayor a 0.05; en cuanto a los datos de contenido de aire y temperatura no presentan una distribución normal porque el nivel de significancia es menor a 0.05.

Por lo tanto, para los datos de distribución normal se consideró la prueba estadística de análisis mutivariante MANOVA mientras que, para los de distribución no normal se consideró la prueba de correlación Spearman.

#### 4.4.2. Contraste de hipótesis general

**Hipótesis nula:** El polvo de vidrio no influye significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

**Hipótesis alterna:** El polvo de vidrio influye significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Tabla 35. Prueba multivariante MANOVA para la hipótesis general.

Efecto	Valor	F	Gl de hipótesis	gl de error	Sig.	
Intersección	Traza de Pillai	1.00	22823331518.028 <sup>b</sup>	5.00	4.00	0.00
	Lambda de Wilks	0.00	22823303645.101 <sup>b</sup>	5.00	4.00	0.00
	Traza de Hotelling	28529129556.38	22823303645.101 <sup>b</sup>	5.00	4.00	0.00
	Raíz mayor de Roy	28529129556.38	22823303645.101 <sup>b</sup>	5.00	4.00	0.00
Contenido de vidrio	Traza de Pillai	2.58	7.34	15.00	18.00	0.00
	Lambda de Wilks	0.00	45.22	15.00	11.44	0.00
	Traza de Hotelling	2836.78	504.32	15.00	8.00	0.00
	Raíz mayor de Roy	2826.56	3391.875 <sup>c</sup>	5.00	6.00	0.00

a. Diseño: Intersección + Contenido de vidrio

b. Estadístico exacto

c. El estadístico es un límite superior en F que genera un límite inferior en el nivel de significación.

### Conclusión estadística

Según los resultados calculados se llega a la conclusión que, debido a que la significancia es menor a 0.05 según el método Traza de Pillai y Lambda de Wilks se rechaza la hipótesis nula, en consecuencia, la variable independiente influye significativamente en la variable dependiente.

### Conclusión técnica

La incorporación de la fibra de acero influye significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, especialmente en las siguientes propiedades: Asentamiento, peso unitario, rendimiento, resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión; por lo que la incorporación de este material implica una variación que dependerá de la cantidad que se le agregue.

Con respecto a las propiedades del concreto en estado fresco que no tienen una distribución normal, se ha realizado la prueba

estadística propuesta por Spearman, el cual se muestra a continuación:

Tabla 36. Correlación de Spearman para la hipótesis general.

		Contenido de vidrio	Contenido de aire	Temperatura	
Rho de Spearman	Contenido de vidrio	Coeficiente de correlación	1.000	0.854**	0.627*
		Sig. (bilateral)		0.000	0.029
		N	12.000	12.000	12.000
	Contenido de aire	Coeficiente de correlación	0.854**	1.000	0.496
		Sig. (bilateral)	0.000		0.101
		N	12.000	12.000	12.000
	Temperatura	Coeficiente de correlación	0.627*	0.496	1.000
		Sig. (bilateral)	0.029	0.101	
		N	12.000	12.000	12.000

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 00.1 (bilateral).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

### Conclusión estadística

Tabla 37. Valores del coeficiente de correlación de Spearman.

Coeficiente	Significado	Coeficiente	Significado
-1	Correlación negativa perfecta	0.1	Correlación positiva muy débil
-0.90	Correlación negativa muy fuerte	0.25	Correlación positiva débil
-0.75	Correlación negativa considerable	0.50	Correlación positiva media
-0.50	Correlación negativa media	0.75	correlación positiva considerable
-0.25	Correlación negativa débil	0.9	correlación positiva muy fuerte
-0.10	correlación negativa muy débil	1	correlación positiva perfecta
0	No existe correlación alguna		

Fuente: Hernández et al. (2014).

Para la temperatura la significancia determinada por el método Spearman fue de 0.029, por lo que, la variable independiente no influye significativamente, además posee un coeficiente de

correlación de 0.627. Respecto al contenido de aire, se acepta la hipótesis alterna pues la significancia fue menor a 0.05; además existe una correlación de 0.854, la cual puede considerarse como una correlación positiva considerable (Ver Tabla 37).

### Conclusión técnica

La adición del polvo de vidrio no influye significativamente en la temperatura, pero si en el contenido de aire incorporado, además que existe una correlación positiva considerable con la cantidad de polvo de vidrio incorporado.

#### 4.4.3. Contrastación de hipótesis específica 1

**Hipótesis nula:** El polvo de vidrio no influye significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco.

**Hipótesis alterna:** El polvo de vidrio influye significativamente en las propiedades del concreto en estado fresco.

Para la prueba de esta hipótesis se aplico el análisis multivariante MANOVA, el cual se muestra a continuación:

Tabla 38. Análisis multivariante para la hipótesis específica 1.

	Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Asentamiento	0.750 <sup>a</sup>	3	0.250	1.408	0.310
	Peso unitario	373.338 <sup>b</sup>	3	124.446	39.829	0.000
	Rendimiento	6.840E-5 <sup>c</sup>	3	2.280E-05	40.655	0.000
	Resistencia a la compresión	1541.197 <sup>d</sup>	3	513.732	280.660	0.000
	Resistencia a la flexión	386.094 <sup>e</sup>	3	128.698	778.886	0.000
Intersección	Asentamiento	1518.750	1	1518.750	8556.338	.000
	Peso unitario	64440544.3	1	64440544.37	20624274.0	.000
	Rendimiento	11.847	1	11.847	21124083.6	.000
	Resistencia a la compresión	623333.850	1	623333.850	340537.402	.000
	Resistencia a la flexión	31986.850	1	31986.850	193585.940	.000
Contenido de vidrio	Asentamiento	.750	3	.250	1.408	.310
	Peso unitario	373.338	3	124.446	39.829	.000
	Rendimiento	6.840E-05	3	2.280E-05	40.655	.000
	Resistencia a la compresión	1541.197	3	513.732	280.660	.000

	Resistencia a la flexión	386.094	3	128.698	778.886	.000
Error	Asentamiento	1.420	8	0.178		
	Peso unitario	24.996	8	3.124		
	Rendimiento	4.487E-06	8	5.608E-07		
	Resistencia a la compresión	14.644	8	1.830		
	Resistencia a la flexión	1.322	8	0.165		
Total	Asentamiento	1520.920	1			
			2			
	Peso unitario	64440942.708	1			
			2			
	Rendimiento	11.847	1			
			2			
Total corregido	Resistencia a la compresión	624889.691	1			
			2			
	Resistencia a la flexión	32374.266	1			
			2			
	Asentamiento	2.170	1			
		1				
Total corregido	Peso unitario	398.334	1			
			1			
	Rendimiento	7.289E-05	1			
			1			
	Resistencia a la compresión	1555.840	1			
		1				
Total corregido	Resistencia a la flexión	387.416	1			
			1			

a. R al cuadrado = .346 (R al cuadrado ajustada = .100)

b. R al cuadrado = .937 (R al cuadrado ajustada = .914)

c. R al cuadrado = .938 (R al cuadrado ajustada = .915)

d. R al cuadrado = .991 (R al cuadrado ajustada = .987)

e. R al cuadrado = .997 (R al cuadrado ajustada = .995)

Para complementar la prueba estadística de la presente hipótesis, fue necesario realizar la correlación de Spearman debido a que las variables como la temperatura y el contenido de aire no presentaron una distribución normal; en consecuencia, los valores del análisis de estas variables se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 39. Correlación de Spearman para la hipótesis específica1.

		Contenido de vidrio	Contenido de aire		Temperatura
Rho de Spearman	Contenido de vidrio	Coefficiente de correlación	1.000	0.854**	0.627*
		Sig. (bilateral)		0.000	0.029
		N	12	12	12
	Contenido de aire	Coefficiente de correlación	0.854**	1.000	0.496

	Sig. (bilateral)	0.000		.101
	N	12	12	12
Temperatura	Coefficiente de correlación	0.627*	0.496	1.000
	Sig. (bilateral)	0.029	0.101	
	N	12	0.12	12

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

### Conclusión estadística

Para el análisis MANOVA se ha demostrado que la significancia en todos los parámetros analizados fue menor a 0.05, lo que permite rechazar la hipótesis nula; sin embargo, en cuanto al análisis no paramétrico propuesto por Spearman, se ha podido demostrar que la significancia para la temperatura es mayor a 0.05, por lo que es aceptada la hipótesis nula. Con respecto al contenido de aire, la significancia fue menor a 0.05 en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula.

### Conclusión técnica

Los resultados han demostrado que la incorporación de polvo de vidrio influye significativamente en algunas propiedades del concreto en estado fresco como son: asentamiento, peso unitario, rendimiento y porcentaje de aire incorporado; sin embargo, no tiene ninguna incidencia en la temperatura.

#### 4.4.4. Contrastación de la de hipótesis específica 2

**Hipótesis nula:** No existe una influencia significativa entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido.

**Hipótesis alterna:** Existe una influencia significativa entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido.

Tabla 40. Prueba MANOVA para la prueba de la hipótesis específica 2.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Modelo corregido	C14	798.214 <sup>a</sup>	3	266.071	61.104	.000
	C21	1161.832 <sup>b</sup>	3	387.277	182.094	.000
	C28	1541.197 <sup>c</sup>	3	513.732	280.660	.000
	F14	358.918 <sup>d</sup>	3	119.639	553.629	.000
	F21	535.946 <sup>e</sup>	3	178.649	1485.800	.000
	F28	377.318 <sup>f</sup>	3	125.773	1035.859	.000
Intersección	C14	398989.095	1	398989.095	91628.773	.000
	C21	512037.453	1	512037.453	240754.868	.000
	C28	623333.850	1	623333.850	340537.402	.000
	F14	19997.718	1	19997.718	92539.186	.000
	F21	28879.660	1	28879.660	240188.458	.000
	F28	32060.723	1	32060.723	264050.837	.000
Vidrio	C14	798.214	3	266.071	61.104	.000
	C21	1161.832	3	387.277	182.094	.000
	C28	1541.197	3	513.732	280.660	.000
	F14	358.918	3	119.639	553.629	.000
	F21	535.946	3	178.649	1485.800	.000
	F28	377.318	3	125.773	1035.859	.000
Error	C14	34.835	8	4.354		
	C21	17.014	8	2.127		
	C28	14.644	8	1.830		
	F14	1.729	8	.216		
	F21	.962	8	.120		
	F28	.971	8	.121		
Total	C14	399822.144	12			
	C21	513216.299	12			
	C28	624889.691	12			
	F14	20358.365	12			
	F21	29416.568	12			
	F28	32439.012	12			
Total corregido	C14	833.049	11			
	C21	1178.846	11			
	C28	1555.840	11			
	F14	360.647	11			
	F21	536.908	11			
	F28	378.289	11			

a. R al cuadrado = .958 (R al cuadrado ajustada = .943)

b. R al cuadrado = .986 (R al cuadrado ajustada = .980)

c. R al cuadrado = .991 (R al cuadrado ajustada = .987)

d. R al cuadrado = .995 (R al cuadrado ajustada = .993)

e. R al cuadrado = .998 (R al cuadrado ajustada = .998)

f. R al cuadrado = .997 (R al cuadrado ajustada = .996)

### **Conclusión estadística**

Según el análisis MANOVA la significancia en todos los parámetros analizados es menor a 0.05, razón por la cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis nula.

### **Conclusión técnica**

La incorporación del polvo de vidrio influye significativamente en las propiedades del concreto en estado endurecido incrementando los valores obtenidos respecto al patrón a los 14, 21 y 28 días en los que fueron ensayados los especímenes.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco.**

##### **5.1.1. Asentamiento**

En cuanto a la dosificación que se usó para el ensayo de asentamiento del concreto fue una relación a/c de 0.56 y f'c de 210 kg/cm<sup>2</sup>, esta dosificación fue empleada tanto para el concreto patrón o convencional como para el concreto con adición de 8 %, 10 % y 12 % de polvo de vidrio.

La Tabla 7 da a conocer el slump que resulta de las muestras con un asentamiento de concreto en estado fresco para el concreto patrón de 115 mm (4.5"), el cual según Rivera (2013) es clasificado de consistencia húmeda, pues asentamientos de 100 mm a 150 mm son usado para elementos estructurales esbeltos o muy reforzados por su trabajabilidad.

Con respecto al concreto con adición de polvo de vidrio se ha notado que el incremento en 8 %, 10 % y 12 % no alteran de manera considerable la trabajabilidad, pues sus valores están entre 115 mm (4.5") y 110 mm (4.3"); esto indica que el concreto adicionado con polvo de vidrio puede ser usado según Rivera

(2013), en sistemas de bombeo con vibración que presentan mucho refuerzo debido a su trabajabilidad.

### **5.1.2. Contenido de aire**

Haciendo uso de la Tabla 9 se puede observar que el contenido de aire obtenido para el concreto patrón o convencional fue 1.8 %, el contenido de aire obtenido para el concreto con 8 % de polvo de vidrio añadido fue 2.2 %, el contenido de aire obtenido para el concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido fue 2.4 %, y el contenido de aire obtenido para el concreto con 12 % de polvo de vidrio añadido fue 2.4 %

De los resultados descritos se puede inferir que el incremento de polvo de vidrio incrementa el aire incorporado hasta en 33.33 % (cuando la dosificación fue de 12 %) respecto del convencional; esto representa una ventaja en lugares con climas fríos, pues según Vasquez Jauregui (2015) el aire en el concreto mejora su comportamiento a etapas de hielo y descongelamiento.

### **5.1.3. Temperatura**

De acuerdo a la Tabla 11, los resultados de temperatura promedio para el concreto patrón o convencional fue 16.5 °C; para el concreto con 8 % de polvo de vidrio añadido fue 17 °C; para el concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido fue 17 °C y para el concreto con 12 % de polvo de vidrio añadido fue 17 °C.

Con ello se dedujo que la variación de temperatura entre el concreto convencional y el concreto con distintos porcentajes de polvo de vidrio añadido es 0.5 %, por lo que no existe un cambio significativo en ese sentido.

Con la temperatura hallada se puede categorizar al concreto con polvo de vidrio como un concreto que puede ser usado en condiciones normales según la Norma E 060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2010); por lo que no se espera

que su uso genere fisuramiento temprano a no ser que el uso como mezcla sea mal hecha.

#### **5.1.4. Peso unitario y rendimiento**

A través de la Tabla 13 se pudo observar que el peso unitario promedio para el concreto patrón o convencional fue 2313.51 kg/m<sup>3</sup> y el rendimiento promedio fue 0.995, el peso unitario promedio para el concreto con 8 % de polvo de vidrio añadido fue 2311.13 kg/m<sup>3</sup> y el rendimiento promedio fue 0.996, el peso unitario promedio para el concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido fue 2319.11 kg/m<sup>3</sup> y el rendimiento promedio fue 0.993, y el peso unitario promedio para el concreto con 12 % de polvo de vidrio añadido fue 2325.6 kg/m<sup>3</sup> y el rendimiento promedio fue 0.99.

Según Abanto (2009) el peso unitario para un concreto convencional varía entre 2300 a 2500 kg/m<sup>3</sup>, esto quiere decir que el peso unitario de las muestras con polvo de vidrio añadido cuenta con un incremento mínimo lo que no conlleva a mayor detalle. Por otro lado, el rendimiento va de forma decreciente inversamente proporcional al peso unitario y al contenido de polvo de vidrio añadido.

### **5.2. Relación entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido.**

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

Con la Tabla 12 se verifica la resistencia a la compresión con un  $f'_c$  de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón o convencional, del concreto con 8 % de polvo de vidrio añadido, del concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido y del concreto con 12 % de polvo de vidrio añadido a la edad de 28 días teniendo las resistencias de 212.73 kg/cm<sup>2</sup>, 223.64 kg/cm<sup>2</sup>, 231.50 kg/cm<sup>2</sup> y 243.79 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Se puede apreciar que a mayor contenido de polvo de vidrio en el concreto la resistencia se va incrementando, sin embargo esto difiere con lo obtenido por Cano y Cruz (2017) quien menciona que el incremento de la resistencia se da solo hasta un 3 % de vidrio tamizado con 5 % de vidrio granular; esta diferencia se da debido a que Cano y Cruz (2017) reemplazan el polvo de vidrio en cantidades proporcionadas del cementos, mientras que en la presente investigación, está fue incluida como una adición, la cual se demuestra que mejora sus resistencia a la compresión.

En consecuencia y de acuerdo a lo mencionado el mejor porcentaje de polvo de vidrio fue el de 12 %.

### **5.2.2. Resistencia a la flexión**

Con la Tabla 27 se verifica la resistencia a la flexión del concreto patrón o convencional, del concreto con 8% de polvo de vidrio añadido, del concreto con 10 % de polvo de vidrio añadido y del concreto con 12 % de polvo de vidrio añadido a la edad de 28 días teniendo las resistencias de 45.81 kg/cm<sup>2</sup>, 48.85 kg/cm<sup>2</sup>, 51.31 kg/cm<sup>2</sup> y 60.80 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Con los resultados se pudo determinar que a medida que se añade polvo de vidrio al concreto, este aumenta su resistencia a la flexión, y según Huamán (2015) registró valores más altos a medida que aumentaba el porcentaje de polvo de vidrio, esto puede asegurar un aumento de resistencia a la flexión de las muestras al añadir mayor porcentaje de polvo de vidrio.

### **5.3. Estimación del costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto.**

La estimación del costo de implementación de polvo de vidrio en el concreto se detalla en la Tabla 33, donde el costo por cada metro cúbico de concreto convencional es S/ 263.48 soles, para el concreto con 8 % de polvo de vidrio añadido es S/ 275.77, para el concreto con 10 % de polvo

de vidrio añadido es S/ 278.84 soles, y para el concreto con 12 % de polvo de vidrio añadido es S/ 281.92 soles.

Como se ha demostrado, la adición del polvo de vidrio incrementa notablemente las propiedades mecánicas del concreto, por lo que al compararlo con los precios obtenidos por Castillo y Quispe (2019), quienes reemplazan el polvo con un porcentaje del cemento este resulta menor, pero al compararlo con un aditivo que mejora la resistencia a la flexión y compresión, como lo hace Huamán (2015), este resulta ser más económico hasta en S/ 45.56 soles.

## CONCLUSIONES

1. La adición de polvo de vidrio influye significativamente en las siguientes propiedades del concreto en estado fresco: El asentamiento, peso unitario y el rendimiento y el contenido de aire ( $p < 0.05$ ), pero no influye en la temperatura ( $p > 0.05$ ). Con respecto a las propiedades en estado endurecido se ha demostrado que la adición del polvo de vidrio influye significativamente ( $p < 0.05$ ) en la resistencia a la compresión y flexión a los 14, 21 y 28 días.
2. La incorporación del polvo de vidrio en el concreto, de acuerdo al análisis estadístico, influye significativamente en propiedades como el asentamiento, peso unitario, contenido de aire y el rendimiento, pero no en la temperatura. Con respecto al asentamiento y el rendimiento, los resultados muestran una disminución en 4.3 % y 0.5 % respectivamente con referencia a la muestra patrón, mientras que el peso unitario y el contenido de aire se incrementan en 33.33 % y 0.5 %; todo ello respecto a un porcentaje de polvo de vidrio incorporado del 12 %; en consecuencia se observa que el mayor incremento presenta fue el aire incorporado por lo que puede utilizarse como un aditivo que proteja a estructuras expuestas a etapas de congelamiento y descongelamiento.
3. De acuerdo al análisis estadístico se ha demostrado que la adición del polvo de vidrio influye significativamente en las propiedades del concreto en estado endurecido, siendo que el concreto con 12 % de polvo de vidrio a los 28 días incrementa su resistencia a la compresión en 14.6 % respecto al patrón; mientras que la resistencia a la flexión se incrementa en 32.72 % para las mismas condiciones; en tal sentido, es factible su uso para estructuras sometidas a esfuerzos cortantes y momentos flectores como vigas, losas y columnas. Cabe resaltar que este comportamiento se ha observado en todo el periodo que le toma al concreto en alcanzar su máxima resistencia (14, 21 y 28 días)
4. Se estimó el costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto donde, realizando una comparación entre costos-resistencia obtenemos que, el concreto con 12 % de polvo de vidrio añadido, es el que tiene mejor

viabilidad debido a su bajo costo con una alta resistencia en comparación al que un aditivo ofrece.

## RECOMENDACIONES

1. Respecto a la trabajabilidad, se recomienda el uso de aditivo plastificante o cambiar la relación agua cemento para obtener un mejor comportamiento debido a que al incrementar el uso de polvo de vidrio disminuye el slump del concreto.
2. Se recomienda estudios referidos al uso del polvo de vidrio en reemplazo del cemento.
3. Se recomienda el uso del polvo de vidrio como un aditivo que mejora las propiedades en estado endurecido del concreto hasta en un 12 %.
4. Al analizar el concreto con polvo de vidrio, se observó que tiene una pendiente positiva en cuanto las resistencias a compresión y flexión, por lo que se recomienda investigaciones relacionadas a un mayor porcentaje de polvo de vidrio para obtener mayor información sobre la adición de este insumo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abanto, F. (2009). Tecnología del concreto. (Segunda ed). Lima - Perú.
2. ANDINA. (2018, marzo). Recogen toneladas de botellas en área regional Huaytapallana.
3. ASTM:C1064. (2002). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura del hormigón fresco con cemento portland. EE.UU.: American Society for Testing and Materials.
4. ASTM:C231. (2014). Método de ensayo normalizado de contenido de aire del concreto recién mezclado mediante el método por presión. (p. 15). p. 15. EE.UU.: American Society for Testing and Materials.
5. ASTM:C403. (2013). Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. EE.UU.: American Society for Testing and Materials.
6. Becker, E. (2002). Reacción Álcali - sílice, Introducción al conocimiento y recomendaciones. LOMA NEGRA C.I.A.S.A.
7. Bermúdez, M. (2010). Contaminación y turismo sostenible.
8. Bernal, C. (2006). Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. (Segunda; L. Gaona, Ed.). México: Pearson Educación.
9. Cano, J. D., & Cruz, C. M. (2017). Análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón. Universidad Libre Seccional Pereira.
10. Castillo, W., & Quispe, J. (2019). Propiedades mecánicas del concreto elaborado con adición de vidrio molido y cuarcita.
11. Catalán, C. (2013). Estudio de la influencia del vidrio molido en hormigones grado H15, H20 y H30. Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

12. Córdova, C. (2018). Análisis del concreto simple utilizando vidrio pulverizado como adición para concreto de alta resistencia con agregados de la ciudad de Chiclayo. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
13. Cortez, E. (2017). Estudio de la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  sustituyendo el agregado grueso con vidrio triturado tipo sodo cálcico. Universidad Peruana los Andes.
14. Flores, V., Jiménez, V., & Pérez, A. (2018). Influencia de la incorporación de vidrio triturado en las propiedades y el comportamiento a alta temperatura de morteros de cemento. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.03.001>
15. Google Earth. (2020). Google Earth Pro. Recuperado de <https://www.google.es/earth/download/gep/agree.html>
16. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). Metodología de la investigación (Sexta; J. Mares, Ed.). México: McGRAW-HILL.
17. Huamán, A. (2015). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de vidrio.
18. Meyer, C. (2008). Recycled materials in concrete (pp. 208-230). pp. 208-230. Inglaterra: MINDESS.
19. MVCS. (2010). Reglamento Nacional de Edificaciones (Tercera; Empresa Editora Macro E.I.R.L., Ed.). Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
20. NTP:339.034. (2015). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (p. 22). p. 22. Lima - Perú: INACAL.
21. NTP:339.035. (2015). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. Lima - Perú: INACAL.
22. NTP:339.046. (2008). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). Lima - Perú: INACAL.

23. NTP:339.077. (2013). Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto (p. 17). p. 17. Lima - Perú: INACAL.
24. Pérez, J. S., Ordoñez, J. C., & Plaza, A. F. (2016). Uso del vidrio reciclado como agregado fino en morteros de pega para uso en viviendas de mampostería estructural. 167.
25. Ponce, D. (2018). Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha-Puyhuan Grande-Huancavelica. Universidad Nacional de Huancavelica.
26. Rivera, G. (2007). Concreto simple (Primera, p. 256). Primera, p. 256. Recuperado de <https://www.udocz.com/read/tecnologia-concreto-y-mortero-rivera-pdf>
27. Rivva, E. (2006). Durabilidad y patología del concreto (Vol. 2006).
28. Rodríguez, M., & Ruíz, M. (2016). Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio. Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 3(2), 53-60.
29. Rojas, J. (2015). Estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico. Universidad Privada Antenor Orrego.
30. Segarra, F. (2005). Envejecimiento de presas por reacciones expansivas en el hormigón. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
31. Vasquez, M. (2015). Control de concreto en estado fresco y endurecido en clima frío. Universidad Nacional de Ingeniería, 49.

## **ANEXOS**

## **ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Matriz de consistencia**

**Título: “Influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido”**

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál es la influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> a) ¿Cómo influye el polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco? b) ¿Qué relación existe entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido? c) ¿Cuál es el costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Analizar la influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> a) Calcular la influencia del polvo de vidrio en las propiedades del concreto en estado fresco. b) Determinar la relación que existe entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido. c) Estimar el costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> El polvo de vidrio influye positivamente en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b> a) El polvo de vidrio influye en las propiedades del concreto en estado fresco. b) Existe una relación directamente proporcional entre el polvo de vidrio y las propiedades del concreto en estado endurecido. c) El costo de la implementación del polvo de vidrio en el concreto es económicamente viable.</p>	<p><b>Variable independiente (x):</b> Vidrio pulverizado.</p> <p><b>Variable dependiente (y):</b> Propiedades del concreto</p>	<p>- Cantidad de vidrio pulverizado.</p> <p>- Estado fresco del concreto.</p> <p>- Estado endurecido del concreto.</p>	<p>- Porcentaje óptimo de vidrio pulverizado.</p> <p>- Peso unitario. - Slump. - Temperatura. - Rendimiento. - Contenido de aire.</p> <p>- Resistencia a la flexión. - Resistencia a la compresión.</p>	<p><b>Método:</b> científico.</p> <p><b>Tipo:</b> aplicada.</p> <p><b>Nivel:</b> Explicativo.</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental.</p> <p><b>Población:</b> La población correspondió al concreto con adición de polvo de vidrio y el concreto convencional, siendo un total de 120 especímenes tal como se detalla en la siguiente tabla 6.</p> <p><b>Muestra:</b> Para la selección de muestra no se aplicó técnica de muestreo porque correspondió a la totalidad de la población, es decir los 120 especímenes.</p>

**ANEXO N° 02: INFORME DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN  
ESTADO FRESCO**



**CISACPERU** E.I.R.L.  
CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

# ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO

**PROYECTO**

**“TESIS: “INFLUENCIA DE POLVO  
DE VIDRIO EN LAS  
PROPIEDADES DEL CONCRETO  
EN ESTADO FRESCO Y  
ENDURECIDO””**

**CLIENTE**

**BACH. CHOCCA RAMOS  
IVAN LIONEL**

**HUANCAYO - 2019**

**- HUANCAYO - PERU - 2019 -**



[dsacperu.eirl@gmail.com](mailto:dsacperu.eirl@gmail.com) [dsacperu.eirl@gmail.com](mailto:dsacperu.eirl@gmail.com)

[dsacperu.eirl@gmail.com](mailto:dsacperu.eirl@gmail.com) [dsacperu.eirl@gmail.com](mailto:dsacperu.eirl@gmail.com)



Código proyecto	: 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión	: 14/08/2019
Cliente	: BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción	: 24/06/2019
Proyecto	: TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"		
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN		

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Asentamiento del Concreto (SLUMP)	: ASTM C 143 STANDARD TEST METHOD FOR SLUMP OF HYDRAULIC CEMENT CONCRETE AASHTO T 119M STANDARD TEST METHOD FOR SLUMP OF HYDRAULIC CEMENT CONCRETE NTP 339.035 HORMIGON (CONCRETO)

Código	: 11CISAC-2019-4097	Muestra	: VARIOS	Tipo material	: CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz.	: HUANCAYO - JUNIN				

ASENTAMIENTO PARA CONCRETO PATRON				
DISEÑO DE MEZCLA		D - 01		
AGREGADO GRUESO	:	Piedra chancada 3/4"		
AGREGADO FINO	:	Arena gruesa		
CEMENTO	:	Andino Tipo I		
ASENTAMIENTO	:	100 a 125 (4" a 5")		
RELACION A/C	:	0.56		
RESISTENCIA (F'c)	:	210 kg/cm2		
ASENTAMIENTO		D - 01		
FECHA VACIADO	:	28/06/2019		
SLUMP (mm)	:	115		
SLUMP (pulg)	:	5		

ASENTAMIENTO PARA CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO				
ASENTAMIENTO	8.00%	10.00%	12.00%	-
FECHA VACIADO	: 06/07/2019	20/07/2019	10/08/2019	
SLUMP (mm)	: 115	110	110	
SLUMP (pulg)	: 5	4	4	

Observaciones : -----



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente Informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Número de Contacto:**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 555 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención:**  
Laboratorio Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarri) – Chica – Huancayo – Junín.

**Direcciones Electrónicas:**  
Email: cisacperu.elt@gmail.com  
Redes Sociales:  
Facebook: cisacperu

Código proyecto	: 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión	: 14/08/2019
Cliente	: BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción	: 24/06/2019
Proyecto	: TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"		
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN		

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Contenido de Aire	: ASTM C 231 STANDARD TEST METHOD FOR AIR CONTENT OF FRESHLY MIXED CONCRETE BY THE PRESSURE METHOD AASHTO T 152 STANDARD TEST METHOD FOR AIR CONTENT OF FRESHLY MIXED CONCRETE BY THE PRESSURE METHOD NTP 339.083 METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA CONTENIDO DE AIRE DE MEZCLA DE HORMIGÓN (CONCRETO) FRESCO

Código	: 11CISAC-2019-4097	Muestra	: VARIOS	Tipo material	: CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz.	: HUANCAYO - JUNIN				

CONTENIDO DE AIRE PARA CONCRETO PATRON				
DISEÑO DE MEZCLA	D - 01	-	-	-
AGREGADO GRUESO	: Piedra chancada 3/4"			
AGREGADO FINO	: Arena gruesa			
CEMENTO	: Andino Tipo 1			
AIRE ATRAPADO	: 1.50 %			
RELACION A/C	: 0.56			
RESISTENCIA (F'c)	: 210 kg/cm2			
AIRE ATRAPADO	D - 01	-	-	-
FECHA VACIADO	: 28/06/2019			
% AIRE	: 1.80			
% AIRE PATRON	: 100%			

CONTENIDO DE AIRE PARA CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO				
AIRE ATRAPADO	8.00%	10.00%	12.00%	-
FECHA VACIADO	: 06/07/2019	20/07/2019	10/08/2019	
% AIRE	: 2.2	2.4	2.4	
% AIRE PATRON	: 122%	133%	133%	

Observaciones : -----



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Números de Contacto**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 555 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención**  
Laboratorio Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junín.

**Direcciones Electrónicas**  
Email: cisacperu.elt@gmail.com  
Web: [www.cisacperu.com](http://www.cisacperu.com)  
Facebook: cisacperu

Código proyecto	: 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión	: 14/08/2019
Cliente	: BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción	: 24/06/2019
Proyecto	: TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"		
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN		

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Temperatura del Concreto	: ASTM C 1064

Código	: 11CISAC-2019-4097	Muestra	: VARIOS	Tipo material	: CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz.	: HUANCAYO - JUNIN				

TEMPERATURA PARA CONCRETO PATRON				
DISEÑO DE MEZCLA	D - 01	-	-	-
AGREGADO GRUESO	: Piedra chancada 3/4"			
AGREGADO FINO	: Arena gruesa			
CEMENTO	: Andino Tipo I			
AIRE ATRAPADO	: 1.50 %			
RELACION A/C	: 0.56			
RESISTENCIA (F'c)	: 210 kg/cm2			
TEMPERATURA	D - 01	-	-	-
FECHA VACIADO	: 28/06/2019			
T° CONCRETO	: 16.5			
% T° CONCRETO	: 100%			

TEMPERATURA PARA CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO				
TEMPERATURA	8.00%	10.00%	12.00%	-
FECHA VACIADO	: 06/07/2019	20/07/2019	10/08/2019	
T° CONCRETO	: 17.0	17.0	17.0	
% T° CONCRETO	: 103%	103%	103%	

Observaciones : -----



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Números de Contacto:**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 335 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención:**  
Laboratorio: Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junín.

**Direcciones Electrónicas:**  
Email: cisacperu.leh@gmail.com  
Redes Sociales:  
Facebook: cisacperu

Código proyecto : 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión : 14/08/2019
Cliente : BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción : 24/06/2019
Proyecto : TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"	
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN	

Ensayo : Peso Unitario y Rendimiento	Método : ASTM C 138 NTP 339.046
--------------------------------------	------------------------------------

Codigo : 11CISAC-2019-4097	Muestra : VARIOS	Tipo material : CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz. : HUANCAYO - JUNIN		

PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO - ADICION DE POLVO DE VIDRIO								
MUESTRA	FECHA	PESO RECIPIENTE + PESO CONCRETO (kg)	PESO RECIPIENTE (kg)	VOLUMEN RECIPIENTE (m3)	PESO CONCRETO (kg)	P.U.C. DISEÑO (kg/m3)	P.U.C. REAL (kg/m3)	RENDIMIENTO: P.U.C.(DISEÑO) P.U.C.(REAL)
IDENTIFICACION	N°							
CONCRETO PATRON	01	20.366	7.411	0.0056	12.955	2,302.54	2,313.39	0.9953
	02	20.387	7.427	0.0056	12.960	2,302.54	2,314.29	0.9949
	03	20.408	7.456	0.0056	12.952	2,302.54	2,312.86	0.9955
CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO (8.00%)	01	20.369	7.411	0.0056	12.958	2,302.54	2,313.93	0.9951
	02	20.370	7.427	0.0056	12.943	2,302.54	2,311.25	0.9962
	03	20.382	7.456	0.0056	12.926	2,302.54	2,308.21	0.9975
CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO (10.00%)	01	20.402	7.411	0.0056	12.991	2,302.54	2,319.82	0.9926
	02	20.421	7.427	0.0056	12.994	2,302.54	2,320.36	0.9923
	03	20.432	7.456	0.0056	12.976	2,302.54	2,317.14	0.9937
CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO (12.00%)	01	20.435	7.411	0.0056	13.024	2,302.54	2,325.71	0.9900
	02	20.455	7.427	0.0056	13.028	2,302.54	2,326.43	0.9897
	03	20.474	7.456	0.0056	13.018	2,302.54	2,324.64	0.9905

Observaciones : \*\*\*\*\*



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente Informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Números de Contacto:**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 555 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención:**  
Laboratorio Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leondo Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junin.

**Direcciones Electrónicas:**  
Email: cisacperu.eiri@gmail.com  
Redes Sociales:  
Facebook: cisacperu

Código proyecto	: 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión	: 14/08/2019
Cliente	: BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción	: 24/06/2019
Proyecto	: TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"		
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN		

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Temperatura del Concreto	: ASTM C 1064

Código	: 11CISAC-2019-4097	Muestra	: VARIOS	Tipo material	: CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz.	: HUANCAYO - JUNIN				

TEMPERATURA PARA CONCRETO PATRON				
DISEÑO DE MEZCLA	D - 01	-	-	-
AGREGADO GRUESO	: Piedra chancada 3/4"			
AGREGADO FINO	: Arena gruesa			
CEMENTO	: Andino Tipo I			
AIRE ATRAPADO	: 1.50 %			
RELACION A/C	: 0.56			
RESISTENCIA (F'c)	: 210 kg/cm2			
TEMPERATURA	D - 01	-	-	-
FECHA VACIADO	: 28/06/2019			
T° CONCRETO	: 16.5			
% T° CONCRETO	: 100%			

TEMPERATURA PARA CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO				
TEMPERATURA	8.00%	10.00%	12.00%	-
FECHA VACIADO	: 06/07/2019	20/07/2019	10/08/2019	
T° CONCRETO	: 17.0	17.0	17.0	
% T° CONCRETO	: 103%	103%	103%	

Observaciones : -----



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Números de Contacto:**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 335 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención:**  
Laboratorio: Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junín.

**Direcciones Electrónicas:**  
Email: cisacperu.lehr@gmail.com  
Redes Sociales:  
Facebook: cisacperu

Código proyecto	: 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión	: 14/08/2019
Cliente	: BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción	: 24/06/2019
Proyecto	: TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"		
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN		

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Temperatura del Concreto	: ASTM C 1064

Código	: 11CISAC-2019-4097	Muestra	: VARIOS	Tipo material	: CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz.	: HUANCAYO - JUNIN				

TEMPERATURA PARA CONCRETO PATRON				
DISEÑO DE MEZCLA	D - 01	-	-	-
AGREGADO GRUESO	: Piedra chancada 3/4"			
AGREGADO FINO	: Arena gruesa			
CEMENTO	: Andino Tipo I			
AIRE ATRAPADO	: 1.50 %			
RELACION A/C	: 0.56			
RESISTENCIA (F'c)	: 210 kg/cm2			
TEMPERATURA	D - 01	-	-	-
FECHA VACIADO	: 28/06/2019			
T° CONCRETO	: 16.5			
% T° CONCRETO	: 100%			

TEMPERATURA PARA CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO				
TEMPERATURA	8.00%	10.00%	12.00%	-
FECHA VACIADO	: 06/07/2019	20/07/2019	10/08/2019	
T° CONCRETO	: 17.0	17.0	17.0	
% T° CONCRETO	: 103%	103%	103%	

Observaciones : -----



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Números de Contacto:**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 335 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención:**  
Laboratorio: Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junín.

**Direcciones Electrónicas:**  
Email: cisacperu.leh@gmail.com  
Redes Sociales:  
Facebook: cisacperu

Código proyecto	: 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión	: 14/08/2019
Cliente	: BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción	: 24/06/2019
Proyecto	: TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"		
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN		

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Temperatura del Concreto	: ASTM C 1064

Código	: 11CISAC-2019-4097	Muestra	: VARIOS	Tipo material	: CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz.	: HUANCAYO - JUNIN				

TEMPERATURA PARA CONCRETO PATRON				
DISEÑO DE MEZCLA	D - 01	-	-	-
AGREGADO GRUESO	: Piedra chancada 3/4"			
AGREGADO FINO	: Arena gruesa			
CEMENTO	: Andino Tipo I			
AIRE ATRAPADO	: 1.50 %			
RELACION A/C	: 0.56			
RESISTENCIA (F'c)	: 210 kg/cm2			
TEMPERATURA	D - 01	-	-	-
FECHA VACIADO	: 28/06/2019			
T° CONCRETO	: 16.5			
% T° CONCRETO	: 100%			

TEMPERATURA PARA CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO				
TEMPERATURA	8.00%	10.00%	12.00%	-
FECHA VACIADO	: 06/07/2019	20/07/2019	10/08/2019	
T° CONCRETO	: 17.0	17.0	17.0	
% T° CONCRETO	: 103%	103%	103%	

Observaciones : -----



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Números de Contacto:**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 335 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención:**  
Laboratorio: Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junín.

**Direcciones Electrónicas:**  
Email: cisacperu.lehr@gmail.com  
Redes Sociales:  
Facebook: cisacperu

Código proyecto	: 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión	: 14/08/2019
Cliente	: BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción	: 24/06/2019
Proyecto	: TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"		
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN		

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Temperatura del Concreto	: ASTM C 1064

Código	: 11CISAC-2019-4097	Muestra	: VARIOS	Tipo material	: CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz.	: HUANCAYO - JUNIN				

TEMPERATURA PARA CONCRETO PATRON				
DISEÑO DE MEZCLA	D - 01	-	-	-
AGREGADO GRUESO	: Piedra chancada 3/4"			
AGREGADO FINO	: Arena gruesa			
CEMENTO	: Andino Tipo I			
AIRE ATRAPADO	: 1.50 %			
RELACION A/C	: 0.56			
RESISTENCIA (F'c)	: 210 kg/cm2			
TEMPERATURA	D - 01	-	-	-
FECHA VACIADO	: 28/06/2019			
T° CONCRETO	: 16.5			
% T° CONCRETO	: 100%			

TEMPERATURA PARA CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO				
TEMPERATURA	8.00%	10.00%	12.00%	-
FECHA VACIADO	: 06/07/2019	20/07/2019	10/08/2019	
T° CONCRETO	: 17.0	17.0	17.0	
% T° CONCRETO	: 103%	103%	103%	

Observaciones : -----



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Números de Contacto:**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 335 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención:**  
Laboratorio: Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junín.

**Direcciones Electrónicas:**  
Email: cisacperu.leh@gmail.com  
Redes Sociales:  
Facebook: cisacperu

Código proyecto	: 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión	: 14/08/2019
Cliente	: BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción	: 24/06/2019
Proyecto	: TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"		
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN		

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Temperatura del Concreto	: ASTM C 1064

Código	: 11CISAC-2019-4097	Muestra	: VARIOS	Tipo material	: CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz.	: HUANCAYO - JUNIN				

TEMPERATURA PARA CONCRETO PATRON				
DISEÑO DE MEZCLA	D - 01	-	-	-
AGREGADO GRUESO	: Piedra chancada 3/4"			
AGREGADO FINO	: Arena gruesa			
CEMENTO	: Andino Tipo I			
AIRE ATRAPADO	: 1.50 %			
RELACION A/C	: 0.56			
RESISTENCIA (F'c)	: 210 kg/cm2			
TEMPERATURA	D - 01	-	-	-
FECHA VACIADO	: 28/06/2019			
T° CONCRETO	: 16.5			
% T° CONCRETO	: 100%			

TEMPERATURA PARA CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO				
TEMPERATURA	8.00%	10.00%	12.00%	-
FECHA VACIADO	: 06/07/2019	20/07/2019	10/08/2019	
T° CONCRETO	: 17.0	17.0	17.0	
% T° CONCRETO	: 103%	103%	103%	

Observaciones : -----



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Números de Contacto:**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 335 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención:**  
Laboratorio: Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junín.

**Direcciones Electrónicas:**  
Email: cisacperu.leh@gmail.com  
Redes Sociales:  
Facebook: cisacperu

Código proyecto	: 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión	: 14/08/2019
Cliente	: BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción	: 24/06/2019
Proyecto	: TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"		
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN		

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Temperatura del Concreto	: ASTM C 1064

Código	: 11CISAC-2019-4097	Muestra	: VARIOS	Tipo material	: CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz.	: HUANCAYO - JUNIN				

TEMPERATURA PARA CONCRETO PATRON				
DISEÑO DE MEZCLA	D - 01	-	-	-
AGREGADO GRUESO	: Piedra chancada 3/4"			
AGREGADO FINO	: Arena gruesa			
CEMENTO	: Andino Tipo I			
AIRE ATRAPADO	: 1.50 %			
RELACION A/C	: 0.56			
RESISTENCIA (F'c)	: 210 kg/cm2			
TEMPERATURA	D - 01	-	-	-
FECHA VACIADO	: 28/06/2019			
T° CONCRETO	: 16.5			
% T° CONCRETO	: 100%			

TEMPERATURA PARA CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO				
TEMPERATURA	8.00%	10.00%	12.00%	-
FECHA VACIADO	: 06/07/2019	20/07/2019	10/08/2019	
T° CONCRETO	: 17.0	17.0	17.0	
% T° CONCRETO	: 103%	103%	103%	

Observaciones : -----



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Números de Contacto:**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 335 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención:**  
Laboratorio: Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junín.

**Direcciones Electrónicas:**  
Email: cisacperu.lehr@gmail.com  
Redes Sociales:  
Facebook: cisacperu

Código proyecto	: 11CISAC-2019-4097	Fecha de Emisión	: 14/08/2019
Cliente	: BACH. CHOCCA RAMOS IVAN LIONEL	Fecha de Recepción	: 24/06/2019
Proyecto	: TESIS: "INFLUENCIA DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"		
Ubicación	: HUANCAYO - JUNIN		

<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Temperatura del Concreto	: ASTM C 1064

Código	: 11CISAC-2019-4097	Muestra	: VARIOS	Tipo material	: CONCRETO F'c = 210 kg/cm2
Localiz.	: HUANCAYO - JUNIN				

TEMPERATURA PARA CONCRETO PATRON				
DISEÑO DE MEZCLA	D - 01	-	-	-
AGREGADO GRUESO	: Piedra chancada 3/4"			
AGREGADO FINO	: Arena gruesa			
CEMENTO	: Andino Tipo I			
AIRE ATRAPADO	: 1.50 %			
RELACION A/C	: 0.56			
RESISTENCIA (F'c)	: 210 kg/cm2			
TEMPERATURA	D - 01	-	-	-
FECHA VACIADO	: 28/06/2019			
T° CONCRETO	: 16.5			
% T° CONCRETO	: 100%			

TEMPERATURA PARA CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO				
TEMPERATURA	8.00%	10.00%	12.00%	-
FECHA VACIADO	: 06/07/2019	20/07/2019	10/08/2019	
T° CONCRETO	: 17.0	17.0	17.0	
% T° CONCRETO	: 103%	103%	103%	

Observaciones : -----



La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante, estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.  
Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe de ensayo sin la autorización escrita del Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.  
Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Concretos CISAC PERU E.I.R.L.

**Números de Contacto:**  
Of.: (064) 750 083  
Cel.: 938 335 895  
Cel.: 922 397 343

**Centros de Atención:**  
Laboratorio: Jr. Grau N° 211 (Ref. Frente al Parque Puzo – Intersección de la Av. Leoncio Prado con Av. Ferrocarril) – Chilca – Huancayo – Junín.

**Direcciones Electrónicas:**  
Email: cisacperu.lehr@gmail.com  
Redes Sociales:  
Facebook: cisacperu

**ANEXO N° 03: INFORME DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN  
ESTADO ENDURECIDO**

2019

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE ROTURAS DE CONCRETO CONVENCIONAL



### "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel



LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS  
N° 01  
GEOLUMAS SAC





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE EN PROBETAS  
ESTÁNDAR DE CONCRETO  
(ASTM C - 39)

**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"**

PROYECTO :  
SOLICITADO : Bach. Choeca Ramos Ivan Lionel EFECTUADO: Ing. E.P.D.  
MUESTREO Y CURADO : Bach. Choeca Ramos Ivan Lionel  
FECHA DE EMISIÓN: 12/07/2019 CONCRETO: CONCRETO CONVENCIONAL

**ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 14 DIAS**

N°	PROBETAS FECHA DE VACEADO	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	EDAD (Dias)	CARGA MÁXIMA (N)	TENSION MÁXIMA (Kg)	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENT ALCANZAD %	ESTRUCTURA	
1	28-06-19	12-07-19	10.20	81.71	14	135210	13781	168.78	210	80.37%	CONCRETO CONVENCIONAL, f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>
2	28-06-19	12-07-19	10.20	81.71	14	138450	14122	172.82	210	82.30%	CONCRETO CONVENCIONAL, f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>
3	28-06-19	12-07-19	10.20	81.71	14	137220	13986	171.29	210	81.57%	CONCRETO CONVENCIONAL, f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>

NOTA:

**GEOLUMAS SAC**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 149416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN PROBETAS  
ESTÁNDAR DE CONCRETO  
(ASTM C - 39)

**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"**

PROYECTO :  
SOLICITADO : Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel EFECTUADO: Ing. E.P.D.  
MUESTREADO Y CURADO : Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
FECHA DE EMISIÓN: 19/07/2019 CONCRETO: CONCRETO CONVENCIONAL

**ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 21 DIAS**

N°	PROBETAS FECHA DE VACEADO	FECHA DE RUPTURA	DIAM. (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (N)	TENSIÓN MÁXIMA (Kg)	F.C. MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENT ALCANZAD % (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESTRUCTURA	
1	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	154200	15728	192.48	210	91.66%	CONCRETO CONVENCIONAL, Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>
2	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	152860	15592	190.81	210	90.86%	CONCRETO CONVENCIONAL, Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>
3	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	155100	15820	193.61	210	92.19%	CONCRETO CONVENCIONAL, Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>

NOTA:

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776









ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN PROBETAS  
ESTÁNDAR DE CONCRETO  
(ASTM C - 39)

"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

PROYECTO :  
SOLICITADO : Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel EFECTUADO: Ing. E.P.D.  
MUESTREADO Y CURADO : Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
FECHA DE EMISIÓN: 19/07/2019 CONCRETO: CONCRETO CONVENCIONAL

ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 21 DIAS

N°	FECHA DE VACEADO	FECHA DE RUPTURA	DIAM. (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (N)	CARGA MÁXIMA (Kg)	TENSION MÁXIMA (kg/cm <sup>2</sup> )	F.C. DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENTAJE AL CANZAD %	ESTRUCTURA
1	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	154200	15728	192.48	210	91.66%	CONCRETO CONVENCIONAL, Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>
2	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	152860	15592	190.81	210	90.86%	CONCRETO CONVENCIONAL, Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>
3	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	155100	15820	193.61	210	92.19%	CONCRETO CONVENCIONAL, Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>
NOTA:											
		07 DIAS	>=70% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO								
		14 DIAS	>=80% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO								
		28 DIAS	>=100% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO								

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776













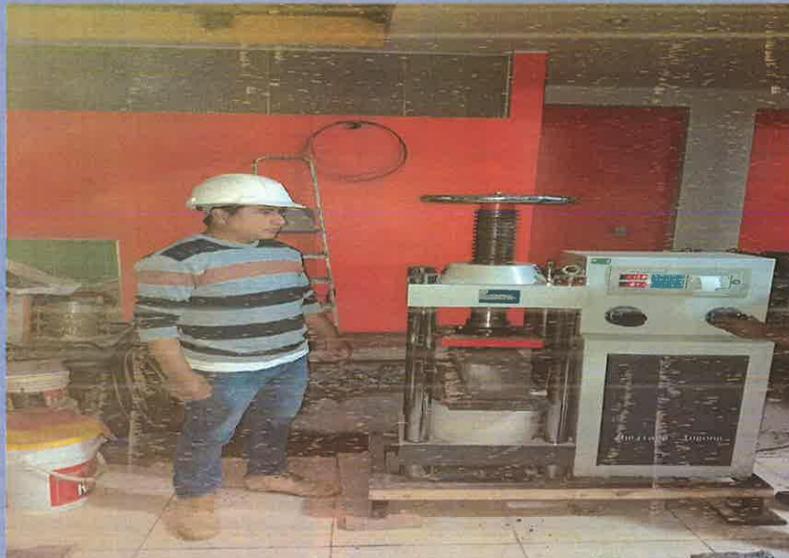




2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA EN VIGAS DE  
CONCRETO  
CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE  
VIDRIO CON 8% CON RELACION AL CEMENTO**

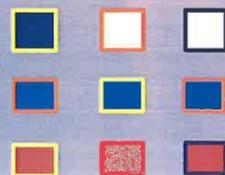


**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS  
PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO  
FRESCO Y ENDURECIDO"**

Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel



**LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS  
N° 01  
GEOLUMAS SAC**







ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN PROBETAS  
ESTÁNDAR DE CONCRETO  
(ASTM C - 39)

"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

PROYECTO :  
SOLICITADO : Bach. Choeca Ramos Ivan Lionel EFECTUADO: Ing. E.P.D.  
MUESTREADO Y CURADO : Bach. Choeca Ramos Ivan Lionel  
FECHA DE EMISIÓN: 19/07/2019 CONCRETO: CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 8% CON RELACION AL CEMENTO

ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 21 DIAS

N°	PROBETAS VACEADO	FECHA DE RUPTURA	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	EDAD (Dias)	CARGA MAXIMA (N)	CARGA MAXIMA (Kg)	TENSION MAXIMA (kg/cm <sup>2</sup> )	F.C. DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	F.C. ALCANZAD (%)	ESTRUCTURA
1	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	162400	16565	202.72	210	96.53%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 8% CON RELACION AL CEMENTO, Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>
2	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	163950	16723	204.65	210	97.45%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 8% CON RELACION AL CEMENTO, Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>
3	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	161970	16521	202.18	210	96.28%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 8% CON RELACION AL CEMENTO, Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>
		07 DIAS	>=70% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO								
		14 DIAS	>=80% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO								
		28 DIAS	>=100% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO								

NOTA:

  
GEOLUMAS SAC  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145#15  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



2019

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA  
COMPRESION SIMPLE DE ROTURAS DE  
CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE  
VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO**

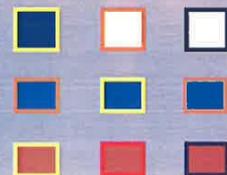


**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN  
LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN  
ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"**

**Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel**



**LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS  
N° 01  
GEOLUMAS SAC**





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN PROBETAS  
ESTÁNDAR DE CONCRETO  
(ASTM C - 39)

"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

PROYECTO :  
SOLICITADO :  
MUESTREO Y CURADO :  
FECHA DE EMISIÓN:

Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
12/072019  
EFFECTUADO: Ing. E.P.D.  
CONCRETO: CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO

ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 14 DIAS

N°	FECHA DE VACEADO	FECHA DE RUPTURA	DIAM. (cm)	AREA (cm²)	EDAD (Dias)	CARGA MAXIMA (N)	TENSION MAXIMA (Kg/cm²)	F C DISEÑO (Kg/cm²)	PORCENTAJE AL CANZAD (%)	ESTRUCTURA	
1	28-06-19	12-07-19	10.20	81.71	14	148520	15149	185.39	210	88.28%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO , f'c 210 kg/cm2
2	28-06-19	12-07-19	10.20	81.71	14	148130	15109	184.91	210	88.05%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO , f'c 210 kg/cm2
3	28-06-19	12-07-19	10.20	81.71	14	152100	15514	189.86	210	90.41%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO , f'c 210 kg/cm2

NOTA:

 **GEOLUMAS SAC**  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TECNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN PROBETAS  
ESTÁNDAR DE CONCRETO  
(ASTM C - 39)

**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"**

PROYECTO :  
SOLICITADO : Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel EFECTUADO: Ing. E.P.D.  
MUESTREADO Y CURADO : Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
FECHA DE EMISIÓN: 19/07/2019 CONCRETO: CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO

**ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 21 DIAS**

N°	PROBETAS FECHA DE VACEADO	FECHA DE RUPTURA	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	EDAD (Dias)	CARGA MAXIMA (N)	TENSION MAXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	F C DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENT ALCANZADO %	ESTRUCTURA	
1	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	168950	17233	210.90	210	100.43%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO, f <sub>c</sub> 210 Kg/cm <sup>2</sup>
2	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	171250	17468	213.77	210	101.79%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO, f <sub>c</sub> 210 Kg/cm <sup>2</sup>
3	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	170540	17395	212.88	210	101.37%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO, f <sub>c</sub> 210 Kg/cm <sup>2</sup>
		07 DIAS									
		14 DIAS									
		28 DIAS									

NOTA:

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

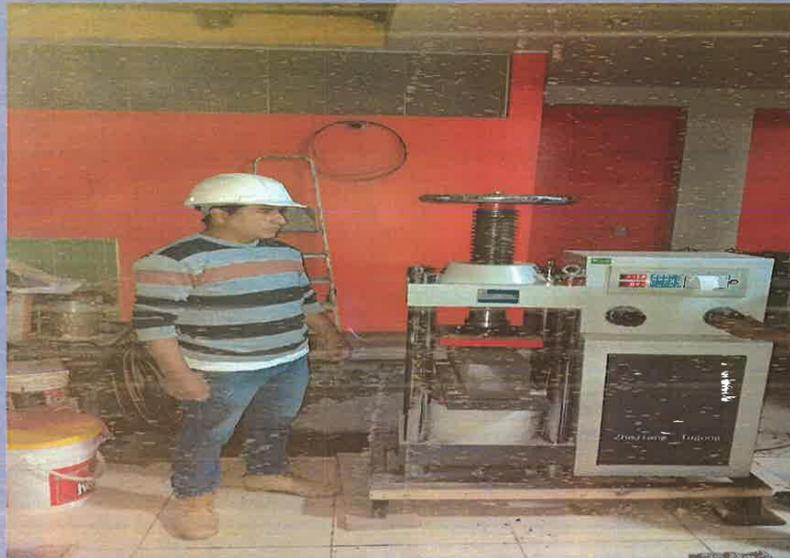
CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA  
COMPRESION SIMPLE DE ROTURAS DE  
CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE  
VIDRIO CON 12% CON RELACION AL  
CEMENTO**

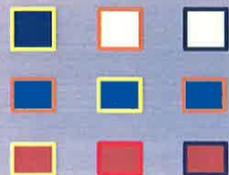


**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS  
PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO  
FRESCO Y ENDURECIDO"**

Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel



LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS  
N° 01  
GEOLUMAS SAC





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN PROBETAS  
ESTÁNDAR DE CONCRETO  
(ASTM C - 39)

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

SOLICITADO : Bach. Checca Ramos Ivan Lionel EFECTUADO : Ing. E.P.D.  
MUESTREADO Y CURADO : Bach. Checca Ramos Ivan Lionel  
FECHA DE EMISIÓN: 12/07/2019 CONCRETO: CONCRETO CON ADICIÓN DE POLVO DE VIDRIO CON  
12% CON RELACION AL CEMENTO  
ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 14 DIAS

N°	PROBETAS FECHA DE VACEADO	FECHA DE RUPTURA	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	EDAD (Días)	CARGA MAXIMA (N)	TENSION MAXIMA (Kg)	F' C DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENT ALCANZAD %	ESTRUCTURA	
1	28-06-19	12-07-19	10.20	81.71	14	154100	15718	192.36	210	91.60%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO , f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>
2	28-06-19	12-07-19	10.20	81.71	14	153300	15637	191.36	210	91.12%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO , f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>
3	28-06-19	12-07-19	10.20	81.71	14	155620	15873	194.26	210	92.50%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO , f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>

NOTA:

  
**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN PROBETAS  
ESTÁNDAR DE CONCRETO  
(ASTM C - 39)

"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

PROYECTO :

SOLICITADO : Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel

EFECTUADO: Ing. E.P.D.

MUESTREADO Y CURADO : Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel

FECHA DE EMISIÓN: 19/07/2019

CONCRETO: CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO

ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 21 DIAS

N°	PROBETAS VACEADO	FECHA DE RUPTURA	DIAM. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	EDAD (Dias)	CARGA MAXIMA (N)	TENSION MAXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	F' C DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	PORCENT ALCANZADO %	ESTRUCTURA	
1	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	174210	17769	217.46	210	103.55%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO, f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>
2	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	173990	17747	217.19	210	103.42%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO, f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>
3	28-06-19	19-07-19	10.20	81.71	21	176360	17989	220.15	210	104.83%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO, f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>
		07 DIAS									
		14 DIAS									
		28 DIAS									

NOTA:

  
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN PROBETAS  
ESTÁNDAR DE CONCRETO  
(ASTM C - 39)

"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

PROYECTO :  
SOLICITADO :  
MUESTREADO Y CURADO :  
FECHA DE EMISIÓN:

Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
26/07/2019

EFFECTUADO: Ing. E.P.D.

CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO

CONCRETO:

ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 28 DIAS

N°	FECHA DE VACEADO	FECHA DE RUPTURA	DIAM (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	EDAD (Dias)	CARGA MAXIMA (N)	TENSION MAXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c ALCANZAD (%)	ESTRUCTURA	
1	28-06-19	26-07-19	10.20	81.71	28	198520	20045	245.31	210	116.81%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO
2	28-06-19	26-07-19	10.20	81.71	28	194110	19799	242.30	210	115.38%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO
3	28-06-19	26-07-19	10.20	81.71	28	195280	19919	243.76	210	116.08%	CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO
NOTA: 07 DIAS >=70% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO 14 DIAS >=80% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO 28 DIAS >=100% DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO											

**GEOLUMAS SAC.**  
 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
 Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
 ASESOR TÉCNICO, CIP 145416  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 01.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 02.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 03.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 04.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 05.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 06.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO. CIP 145418  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 07.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 08.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 09.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 10.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 11.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 12.- ENSAYO DE ROTURA DE PROBETA - "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145418  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776

2019

## ENSAYO DE RESISTENCIA EN VIGAS DE CONCRETO CONVENCIONAL

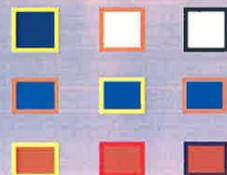


**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"**

**Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel**



**LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS  
N° 01  
GEOLUMAS SAC**





**ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO**  
**METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL PUNTO CENTRAL**  
(ASTM C - 293)

**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"**

PROYECTO :  
SOLICITADO :  
MUESTREADO CURADO :  
FECHA DE EMISION :  
ESTRUCTURA :

Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
12/07/2019  
CONCRETO CONVENCIONAL

EFFECTUADO: ING E.P.D.

**ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 14 DIAS**

FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Area (cm2)	Volumen (cm3)	Peso (Kg)	Fuerza Kgf	RESISTENCIA ALCANZADA (Kgf/cm2)
28-06-19	12-07-19	14	15.4	15.2	60.0	40.00	234.08	14044.80	33.71	2013.00	33.95
28-06-19	12-07-19	14	15.1	15.3	60.1	40.07	231.03	13884.90	33.32	2025.00	34.43

NOTA:

IR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995,



Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416 DEL 968111156, RPM #968111156  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS DEL 971337776, RPM #971337776  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



**ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO**  
**METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL PUNTO CENTRAL**  
**(ASTM C - 293)**

**PROYECTO :** "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

**SOLICITADO :** Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel **EFECTUADO:** ING E.P.D.

**MUESTREADO CURADO :** Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel

**FECHA DE EMISIÓN :** 19/07/2019

**ESTRUCTURA :** CONCRETO CONVENCIONAL

**ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 21 DIAS**

N°	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Fuerza (kgf)	RESISTENCIA ALCANZADA (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	28-06-19	19-07-19	21	15.1	15.1	60.1	40.07	228.01	13703.40	32.89	2362.00	41.23
	28-06-19	19-07-19	21	15.2	15.4	60.0	40.00	234.08	14044.80	33.71	2410.00	40.11

NOTA :

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995,



**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145616  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA  
CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



**ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO**  
**METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL PUNTO CENTRAL**  
(ASTM C - 293)

**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"**

PROYECTO :  
SOLICITADO : Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
MUESTREADO :  
CURADO : Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
FECHA DE EMISION : 26/07/2019  
EFECTUADO: ING E.P.D.

ESTRUCTURA : CONCRETO CONVENCIONAL

**ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 28 DIAS**

FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso ( Kg)	Fuerza Kgf	RESISTENCIA ALCANZADA (Kgf/cm <sup>2</sup> )
28-06-19	26-07-19	28	15.3	15.1	60.5	40.33	231.03	13977.32	33.55	2614.00	45.33
28-06-19	26-07-19	28	15.0	15.3	60.3	40.20	229.5	13838.85	33.21	2695.00	46.28

NOTA :

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995,



Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO CIP 142001 968111156, RPM #968111156  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA 971337776, RPM #971337776

2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA EN VIGAS DE  
CONCRETO  
CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE  
VIDRIO CON 8% CON RELACION AL CEMENTO**

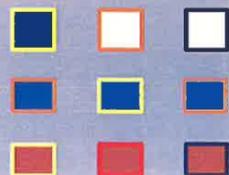


**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS  
PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO  
FRESCO Y ENDURECIDO"**

Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel



**LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS  
N° 01  
GEOLUMAS SAC**





**ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO**  
**METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL PUNTO CENTRAL**  
(ASTM C - 293)

**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"**

PROYECTO :  
SOLICITADO :  
MUESTREADO CURADO :  
FECHA DE EMISIÓN :  
ESTRUCTURA :

Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
20/07/2019  
CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 8% CON RELACION AL CEMENTO

EFFECTUADO: ING E.P.D.

**ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 14 DIAS**

FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Area (cm2)	Volumen (cm3)	Peso ( Kg)	Fuerza Kgf	RESISTENCIA ALCANZADA (Kgf/cm2)
06-07-19	20-07-19	14	15.4	15.2	60.0	40.00	234.08	14044.80	33.71	2214.00	37.34
06-07-19	20-07-19	14	15.1	15.3	60.1	40.07	231.03	13884.90	33.32	2274.00	38.66

NOTA :

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

**GEOLUMAS SAC**  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO C.I. D. 15416  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

CEL 981111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



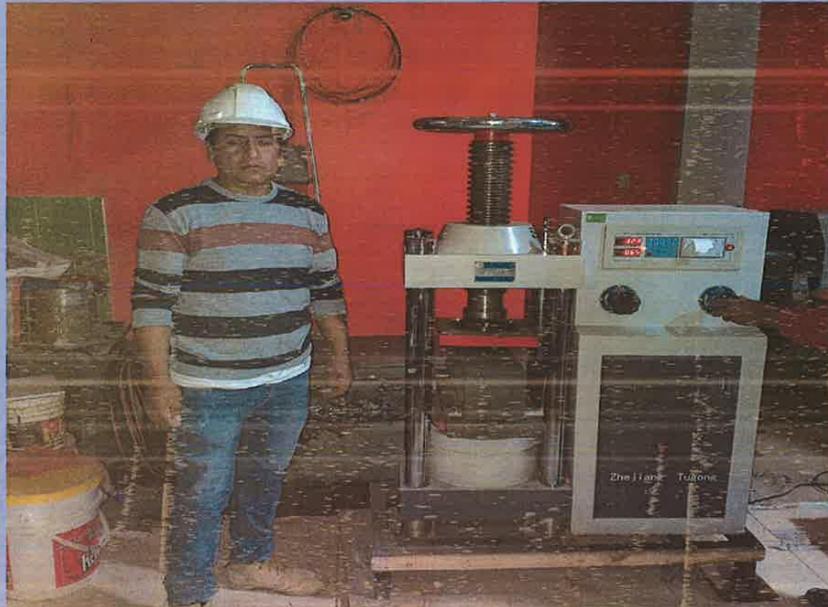


2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

## ENSAYO DE RESISTENCIA EN VIGAS DE CONCRETO

CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO  
CON 10% CON RELACION AL CEMENTO

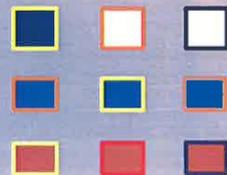


"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS  
PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO  
FRESCO Y ENDURECIDO"

Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel



LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS  
N° 01  
GEOLUMAS SAC





**ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO**  
**METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL PUNTO CENTRAL**  
(ASTM C - 293)

**PROYECTO :** "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

**SOLICITADO :** Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel      **EFFECTUADO:**      ING E.P.D.

**MUESTREADO CURADO :** Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel

**FECHA DE EMISION :** 03/08/2019

**ESTRUCTURA :** CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO

**ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 14 DIAS**

N°	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Fuerza (kgf)	RESISTENCIA ALCANZADA (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	20-07-19	03-08-19	14	15.2	15.4	60.2	40.13	234.08	14091.62	33.82	2491.00	41.60
2	20-07-19	03-08-19	14	15.0	15.2	60.3	40.20	228	13748.40	33.00	2455.00	42.72

NOTA:

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995



**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Duchas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,

CEL 968111156, RPM #968111156  
971337776, RPM #971337776





<p style="text-align: center;"><b>ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL PUNTO CENTRAL</b></p> <p style="text-align: center;">(ASTM C - 293)</p>												
<p style="text-align: center;"><b>"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"</b></p>												
PROYECTO	: <b>Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel</b> EFECTUADO: <b>ING E.P.D.</b>											
SOLICITADO	: <b>Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel</b>											
MUESTREADO CURADO	: <b>17/08/2019</b>											
FECHA DE EMISION	: <b>17/08/2019</b>											
ESTRUCTURA	: <b>CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 10% CON RELACION AL CEMENTO</b>											
<p style="text-align: center;"><b>ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 28 DIAS</b></p>												
N°	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Area (cm2)	Volumen (cm3)	Peso ( Kg)	Fuerza Kgf	RESISTENCIA ALCANZADA (Kgf/cm2)
1	20-07-19	17-08-19	28	15.3	15.6	60.2	40.13	238.68	14368.54	34.48	3175.00	51.33
2	20-07-19	17-08-19	28	15.0	15.2	60.3	40.20	228	13748.40	33.00	2948.00	51.29
NOTA :												

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995



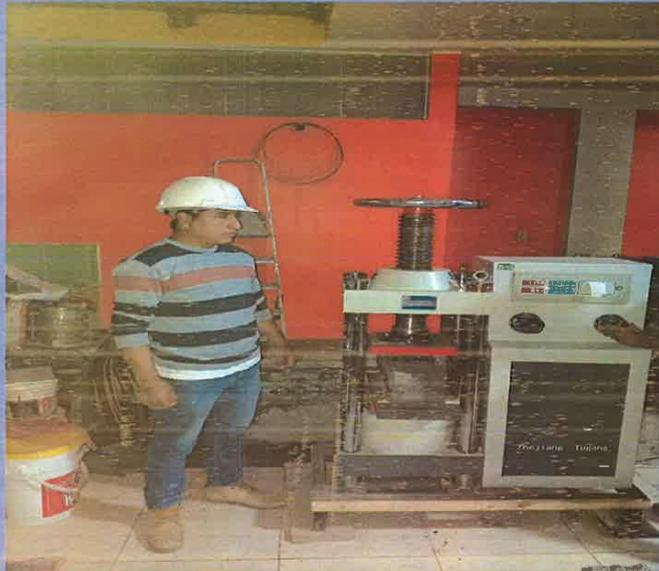
Ing. Civil Edwin Peña Dugas  
ASESOR TÉCNICO CIP 145818  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

GEL-968111156, RPM #968111156  
EL-971337776, RPM #971337776

2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA EN VIGAS DE  
CONCRETO  
CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO  
CON 12% CON RELACION AL CEMENTO**

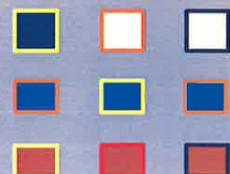


**"INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS  
PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO  
FRESCO Y ENDURECIDO"**

Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel



LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS  
N° 01  
GEOLUMAS SAC





**ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO**  
**METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL PUNTO CENTRAL**  
(ASTM C - 293)

**PROYECTO :** "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

**SOLICITADO :** Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel      **EFFECTUADO:**      ING E.P.D.

**MUESTREADO CURADO :** Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel

**FECHA DE EMISION :** 24/08/2019

**ESTRUCTURA :** CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO

**ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 14 DIAS**

N°	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Area (cm2)	Volumen (cm3)	Peso ( Kg)	Fuerza Kgf	RESISTENCIA ALCANZADA (Kgf/cm2)
1	10-08-19	24-08-19	14	15.0	15.3	60.3	40.20	229.5	13838.85	33.21	2836.00	48.70
2	10-08-19	24-08-19	14	15.1	15.2	60.1	40.07	229.52	13794.15	33.11	2855.00	49.18

NOTA:

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

  
**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO, CIP 145418  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

CEI-968111156, RPM #968111156  
RPM #971337776, RPM #971337776





**ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO**  
**METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL PUNTO CENTRAL**  
(ASTM C - 293)

**PROYECTO :** "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

**SOLICITADO :** Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel  
**EFEKTUADO:** ING E.P.D.

**MUESTREADO CURADO :** Bach. Chocca Ramos Ivan Lionel

**FECHA DE EMISION :** 07/09/2019

**ESTRUCTURA :** CONCRETO CON ADICION DE POLVO DE VIDRIO CON 12% CON RELACION AL CEMENTO  
ROTURA DE CONCRETO A LA EDAD DE 28 DIAS

N°	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (dias)	b (cm)	d (cm)	L (cm)	Lv (cm)	Area (cm2)	Volumen (cm3)	Peso ( Kg)	Fuerza Kgf)	RESISTENCIA ALCANZADA (Kgf/cm2)
1	10-08-19	07-09-19	28	15.1	15.2	60.0	40.00	229.52	13771.20	33.05	3515.00	60.45
2	10-08-19	07-09-19	28	15.4	15.1	60.2	40.13	232.54	13998.91	33.60	3566.00	61.14

NOTA :

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO. Ing. Civil Edwin Peña Duchas  
RUC. 20568764995      ASESOR TÉCNICO. CIP 145415      968111156, RPM #968111156  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA      CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 01.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 02.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 03.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 04.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

 **GEOLUMAS SAC**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145-416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 05.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 06.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 149416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776

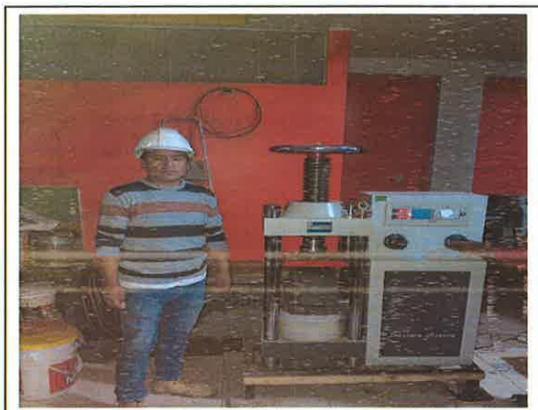


FOTO. 07.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 08.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145415  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 09.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 10.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776



FOTO. 11.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"



FOTO. 12.- ENSAYO DE ROTURA DE VIGA – "INFLUENCIA DEL POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO  
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.  
RUC. 20568764995

CEL 968111156, RPM #968111156  
CEL 971337776, RPM #971337776

## **ANEXO N° 04: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN**



# METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### MT - LM - 086 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Masa

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>190150</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>CISAC PERU E.I.R.L.</b>
<b>3. Dirección</b>	Jr. Salaverry N° 182, El Tambo - Huancayo - JUNIN
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>30000 g</b>
<b>División de escala (d)</b>	<b>1 g</b>
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>10 g</b>
<b>Clase de exactitud</b>	<b>III</b>
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>
<b>Modelo</b>	<b>R31P30</b>
<b>Número de Serie</b>	<b>8339380082</b>
<b>Capacidad mínima</b>	<b>20 g</b>
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2019-02-15</b>

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-02-15



JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

# Product Certification

## This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

**PRODUCT MANUFACTURE:** FORNEY, LLC

**PRODUCT ITEM NUMBER:** LAG-0030

**MANUFACTURING SPECIFICATIONS:** ASTM C143 C192  
AASHTO T23 T119 T126  
BS 1881:102  
EN 12350-2

**PRODUCT DESCRIPTION:** SLUMP TEST SET LABORATORY

**MODEL:** LAG-0030

**SERIE:** 2528



FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s); which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING  
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148  
Phone 724-346-7400 Fax 724-346-7408  
email - sales@forneyonline.com

Área de Metrología  
Laboratorio de Presión

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LP - 029 - 2019**

Página 3 de 3

**10. Resultados de Medición**

Recipiente de Medición			
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Masa ( kg )	Volumen ( cm <sup>3</sup> )
203,4	217,5	3,469	7068,6

Medidor de Aire tipo Bourdon					
Indicación A Calibrar (psi)	Indicación Manómetro Patrón		Error		
	Ascendente (psi)	Descendente (psi)	de Indicación		de Histeresis (psi)
			Ascendente (psi)	Descendente (psi)	
5	5,05	5,00	0,05	0,00	-0,05
10	10,11	10,06	0,11	0,06	-0,05
15	15,21	15,16	0,21	0,06	-0,05

Ensayo de Carga Directa					
Valores Referenciales ( % de aire )	Lecturas del A Calibrar			Promedio ( % de aire )	Error ( % de aire )
	L <sub>1</sub> ( % de aire )	L <sub>2</sub> ( % de aire )	L <sub>3</sub> ( % de aire )		
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,0
15,0	14,8	14,8	14,8	14,8	-0,2

**Nota 1.-** El diámetro del recipiente de medición es de 0,94 veces la altura del recipiente.

**Nota 2.-** El punto inicial se determinó en 3%, para obtener el cero.

**11. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La densidad en el lugar de calibración es de 1,184 kg/m<sup>3</sup>
- Densidad del agua destilada utilizada para la calibración a 24 °C es de 997,38 (kg/m<sup>3</sup>).



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: +971439272 / +942635342 / +971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LP - 029 - 2019**Área de Metrología  
Laboratorio de Presión

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración ha sido realizada por el método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del manómetro de deformación elástica y el manómetro patrón tomando como referencia el método descrito en la norma ASTM C 231-04 "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method" y el documento INDECOPI/SNM PC - 004: 2012 "Procedimiento de calibración de manómetros, vacuómetros y manovacuómetros de deformación elástica".

**7. Lugar de calibración**

Laboratorio de Presión de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	23,6 °C	23,6 °C
Humedad Relativa	69 % HR	69 % HR

**9. Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones trazables a los patrones de referencia de DM - INACAL	Manómetro de Indicación Digital con Clase de Exactitud 0,05 % FS	INACAL LFP-018-2018
Regla Metálica de clase 1	CINTA MÉTRICA con Grado de Incertidumbre de 0,2 mm	DM / INACAL LLA - 052 - 2018



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com



# METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LP - 029 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Presión

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>190182</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>CISAC PERU E.I.R.L.</b>
<b>3. Dirección</b>	Jr. Salaverry N° 182, El Tambo - Huancayo - JUNIN
<b>4. Instrumento de Medición</b>	<b>OLLA WASHINGTON (PRESS-AIR METER)</b>
<b>Tipo</b>	NO INDICA
<b>Marca</b>	FORNEY
<b>Modelo</b>	LA-0316
<b>Número de Serie</b>	686
<b>Procedencia</b>	U.S.A.
<b>Identificación</b>	NO INDICA
<b>Ubicación</b>	NO INDICA
<b>Medidor de Aire:</b>	
<b>Tipo de Indicación</b>	ANALOGICA
<b>Alcance de indicación</b>	0 a 15 psi / 0 a 100 %
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2019-02-25

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. 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 reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Fecha de Emisión: **2019-02-25**  
Jefe del Laboratorio de Metrología



JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá M: F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com



# METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 087 - 2019

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente 190150

2. Solicitante CISAC PERU E.I.R.L.

3. Dirección Jr. Salaverry N° 182, El Tambo - Huancayo - JUNIN

4. Equipo de medición BALANZA ELECTRÓNICA

Capacidad Máxima 4000 g

División de escala (d) 0,1 g

Div. de verificación (e) 0,1 g

Clase de exactitud II

Marca OHAUS

Modelo TAJ4001

Número de Serie 8339100119

Capacidad mínima 5 g

Procedencia U.S.A.

Identificación NO INDICA

5. Fecha de Calibración 2019-02-15

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Fecha de Emisión 2019-02-15  
Jefe del Laboratorio de Metrología

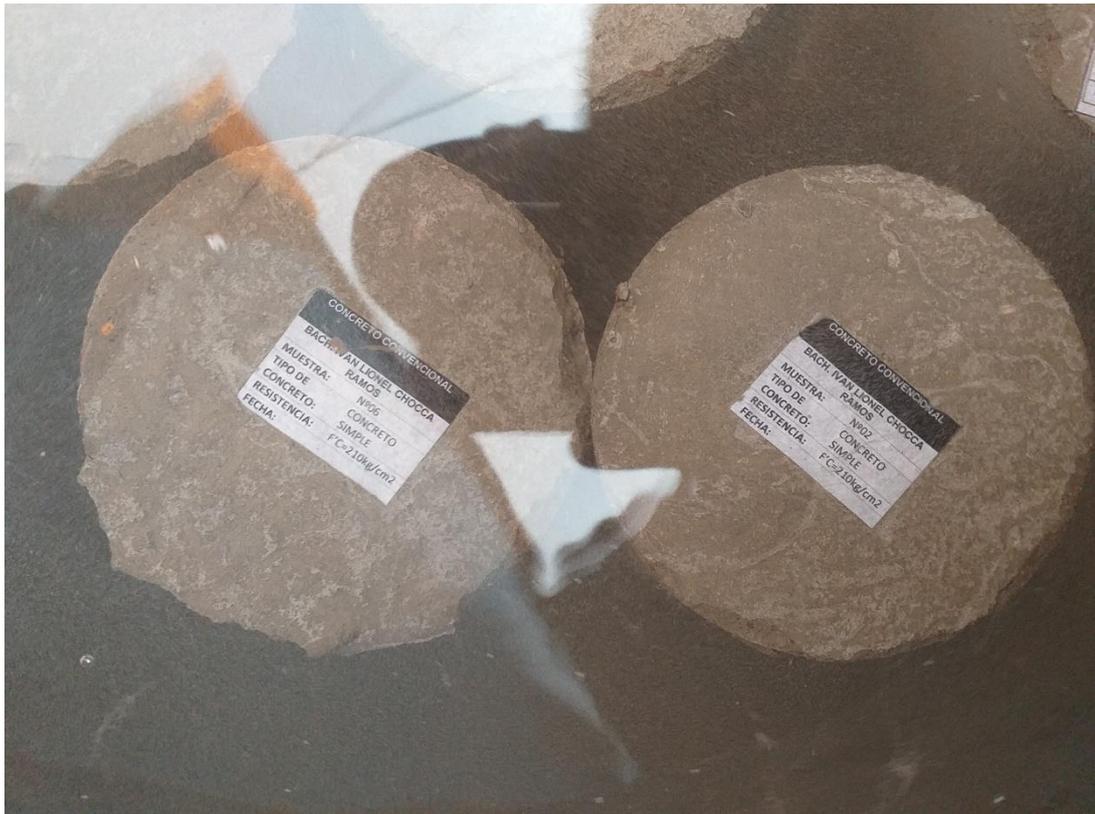


JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá M: F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282  
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

## **ANEXO N° 05: PANEL FOTOGRÁFICO**



Fotografía 1. Curado de probetas de concreto convencional.



Fotografía 2. Probetas de concreto convencional que se usó para la rotura.



Fotografía 3. Probetas de concreto con polvo de vidrio añadido que se usó para la rotura.



Fotografía 4. Probetas de concreto convencional ensayadas a compresión simple para 14 días de edad.



Fotografía 5. Probetas de concreto convencional ensayadas a compresión simple para 21 días de edad.



Fotografía 6. Probetas de concreto convencional ensayadas a compresión simple para 28 días de edad.



Fotografía 7. Probetas de concreto con polvo de vidrio añadido ensayadas a compresión simple para 14 días de edad.



Fotografía 8. Probetas de concreto con polvo de vidrio añadido ensayadas a compresión simple para 21 días de edad.



Fotografía 9. Probetas de concreto con polvo de vidrio añadido ensayadas a compresión simple para 28 días de edad.



Fotografía 10. Vigas simples de concreto convencional ensayadas a flexión para 14 días de edad.



Fotografía 11. Vigas simples de concreto convencional ensayadas a flexión para 21 días de edad.



Fotografía 12. Vigas simples de concreto convencional ensayadas a flexión para 28 días de edad.



Fotografía 13. Vigas simples de concreto con polvo de vidrio añadidos ensayadas a flexión para 14 días de edad.



Fotografía 14. Vigas simples de concreto con polvo de vidrio añadidos ensayadas a flexión para 21 días de edad.



Fotografía 15. Vigas simples de concreto con polvo de vidrio añadido ensayadas a flexión para 28 días de edad.



Fotografía 16. Probetas de concreto convencional roturadas en el ensayo a compresión simple.



Fotografía 17. Probetas de concreto con polvo de vidrio añadido en relación al cemento roturadas en el ensayo a compresión simple a los 14 días.



Fotografía 18. Probetas de concreto con polvo de vidrio añadido en relación al cemento roturadas en el ensayo a compresión simple a los 21 días.



Fotografía 19. Probetas de concreto con polvo de vidrio añadido en relación al cemento roturadas en el ensayo a compresión simple a los 28 días.



Fotografía 20. Vigas simples de concreto convencional roturadas en el ensayo a flexión.



Fotografía 21. Vigas simples de concreto con polvo de vidrio añadido en relación al cemento roturadas en el ensayo a flexión.