



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL**

**DEPARTAMENTO DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL, MENCIÓN GESTIÓN DE LA  
CONSTRUCCIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL, MENCIÓN GESTIÓN DE LA  
CONSTRUCCIÓN**

**TEMA:**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL  
HORMIGÓN F'C= 210 kg/cm<sup>2</sup> TRADICIONAL Y MODIFICADO PARCIALMENTE  
CON CÁSCARA DE HUEVOS DE CODORNIZ**

**Autor/a:**

Dennis Gabriel Cuadrado Ayala

**Tutor/a:**

PhD LAURA DE JESÚS CALERO PROAÑO

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2024**



<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HORMIGÓN F'C= 210 kg/cm <sup>2</sup> TRADICIONAL Y MODIFICADO PARCIALMENTE CON CÁSCARA DE HUEVOS DE CODORNIZ	
<b>AUTOR/ES:</b> Dennis Gabriel Cuadrado Ayala	<b>REVISORES O TUTORES:</b> PhD Laura de Jesús Calero Proaño
<b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	<b>Grado obtenido:</b> Magister en Ingeniería Civil con Mención en Gestión de la Construcción
<b>POSGRADO:</b> Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Gestión de la Construcción	<b>CARRERA:</b> Ingeniería Civil
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2024	<b>N. DE PAGS:</b> 67
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Hormigón, Cáscara del huevo de codorniz, Tradicional, Firmeza de presión, Modificado	
<p>En el presente estudio denominado con el tema “Un análisis de comparación sobre las características mecánicas del hormigón F'C= 210 kg/cm<sup>2</sup> tradicional, modificado parcialmente con cáscara de huevos de codorniz”. El objetivo principal es realizar un estudio semejante sobre las características de los mecanismos en el concreto tradicional, modificado parcialmente de los cascarones del huevo de codorniz, mediante un análisis experimental y estadístico, para determinar si hay diferencias significativas entre ambos.</p> <p>En la realización de este proyecto la metodología que se utilizó fue un método de un</p>	

enfoque cuantitativo, investigación explicativa, puesto que va más allá de la descripción del concepto o fenómeno en estudio, también se caracterizó por ser analítico y fundamenta en estudios donde se buscó comprender cómo ciertas modificaciones en los materiales afectan sus propiedades, se basó en la teoría y estudios previos, se tiene una premisa general que indica de algunos agregados naturales.

Como resultado de la participación de los cascarones de huevos de codorniz donde alcanza un nivel alto en la firmeza con un 15% cuando está en el período de preparación. Con el tiempo, la fuerza de presión aumentó y el porcentaje aumentó en un 15% en comparación con las dosis restantes durante todo el período de prueba.

En conclusión, en cuanto mayor es la concentración de los cascarones de huevos de codorniz, más pesado es el cilindro de hormigón, por lo que el cilindro más pesado es el cilindro que contiene un 15% cascarones de huevos de codorniz. El concreto modificado consigue niveles altos de firmeza en la presión y posee una variabilidad mínima, especialmente al inicio del tiempo de fraguado, hasta alcanzar un valor máximo de 24,41 MPa.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>  Dennis Gabriel Cuadrado Ayala	<b>Teléfono:</b>  0992557024	<b>E-mail:</b>  denniscuadrado@hotmail.com

<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<p>PhD. Eva Guerrero López Directora Departamento Posgrado Teléfono: 042596500Ext. 170 E- E-mail: <a href="mailto:equerrero@ulvr.edu.ec">equerrero@ulvr.edu.ec</a></p> <p>Mg. Kleber Moscoso Riera Coordinador deMaestría Teléfono: 042596500 Ext. 170 E-mail: <a href="mailto:kmoscoso@ulvr.edu.ec">kmoscoso@ulvr.edu.ec</a></p>
------------------------------------	---

## **Dedicatoria**

A mis padres Carlos Daniel Cuadrado y Rosario Ayala Sarco, con mucho cariño les dedico mi esfuerzo al realizar este proyecto de investigación, ya que con su apoyo, sacrificio, amor y dedicación me han permitido culminar uno de mis sueños más anhelados.

A Gabriela Serrano por su apoyo incondicional.

***Dennis Gabriel Cuadrado Ayala***

## **Agradecimiento**

Para la realización del presente Trabajo de titulación quiero agradecer primero a Dios, debido a que este proyecto ha sido una gran bendición en muchos sentidos y me ha permitido alcanzar este sueño tan anhelado cumpliendo todas mis expectativas.

Agradezco a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil por haberme permitido formarme en ella y crecer como persona y como profesional con conciencia social.

Los resultados de este proyecto, se los dedico a todas las personas que de alguna manera han contribuido en su culminación. A mi tutora PhD Laura de Jesús Calero Proaño, gracias por su tiempo y dedicación, ya que con sus conocimientos, motivación y experiencia me ha impulsado a mejorar mis capacidades y conocimientos en el desarrollo de este proyecto. También me gustaría dar gracias a mis docentes, ya que todos han aportado positivamente a mi formación.

Gracias a mis hermanas, ya que cada día me impulsan a mejorar académica y personalmente.

Son muchas las personas que han contribuido en este proyecto, a las que me encantaría dar las gracias su apoyo y por compartirme sus conocimientos en este maravilloso proceso académico.

**Dennis Gabriel Cuadrado Ayala**

## Impresión de Informe Antiplagio

### ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HORMIGÓN F'C= 210 kg/cm<sup>2</sup> TRADICIONAL Y MODIFICADO PARCIALMENTE CON CÁSCARA DE HUEVOS DE CODORNIZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>1</b> %	<b>1</b> %	<b>0</b> %	<b>0</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ [repositorio.uam.es](http://repositorio.uam.es)  
Fuente de Internet

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	Apagado
Excluir bibliografía	Apagado		



## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Guayaquil, 20 de abril de 2024

Yo, Dennis Gabriel Cuadrado Ayala declaro bajo juramento, que la autoría del presente trabajo me corresponde totalmente y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo mis derechos de autor a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establecido por las normativas Institucionales vigentes.



Firma: \_\_\_\_\_

Dennis Gabriel Cuadrado Ayala

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DE LA TESIS

Guayaquil, 20 de abril de 2024

Certifico que el trabajo titulado ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HORMIGÓN F'C= 210 Kg/cm<sup>2</sup> TRADICIONAL Y MODIFICADO PARCIALMENTE CON CÁSCARA DE HUEVOS DE CODORNIZ ha sido elaborado por DENNIS GABRIEL CUADRADO Ayala bajo mi tutoría, y que el mismo reúne los requisitos para ser defendido ante el tribunal examinador que se designe al efecto.

Firma: 

PhD LAURA DE JESÚS CALERO PROAÑO

## Resumen Ejecutivo

En el presente estudio denominado con el tema “Un análisis de comparación sobre las características mecánicas del hormigón  $F'C= 210 \text{ kg/cm}^2$  tradicional, modificado parcialmente con cáscara de huevos de codorniz”. El objetivo principal es realizar un estudio semejante sobre las características de los mecanismos en el concreto tradicional, modificado parcialmente de los cascarones del huevo de codorniz, mediante un análisis experimental y estadístico, para determinar si hay diferencias significativas entre ambos.

En la realización de este proyecto la metodología que se utilizó fue un método de un enfoque cuantitativo, investigación explicativa, puesto que va más allá de la descripción del concepto o fenómeno en estudio, también se caracterizó por ser analítico y fundamenta en estudios donde se buscó comprender cómo ciertas modificaciones en los materiales afectan sus propiedades, se basó en la teoría y estudios previos, se tiene una premisa general que indica de algunos agregados naturales.

Como resultado de la participación de los cascarones de huevos de codorniz donde alcanza un nivel alto en la firmeza con un 15% cuando está en el período de preparación. Con el tiempo, la fuerza de presión aumentó y el porcentaje aumentó en un 15% en comparación con las dosis restantes durante todo el período de prueba.

En conclusión, en cuanto mayor es la concentración de los cascarones de huevos de codorniz, más pesado es el cilindro de hormigón, por lo que el cilindro más pesado es el cilindro que contiene un 15% cascarones de huevos de codorniz. El concreto modificado consigue niveles altos de firmeza en la presión y posee una variabilidad mínima, especialmente al inicio del tiempo de fraguado, hasta alcanzar un valor máximo de 24,41 MPa.

**Palabras Clave:** Hormigón, Cáscara del huevo de codorniz, Tradicional, Firmeza de presión, Modificado.

## Abstract

In the present study called with the theme "A comparative analysis of the mechanical characteristics of traditional concrete  $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$ , partially modified with quail egg shells." The main objective is to carry out a similar study on the characteristics of the mechanisms in traditional concrete, partially modified from quail egg shells, through an experimental and statistical analysis, to determine if there are significant differences between both.

In carrying out this project, the methodology used was a method of a quantitative approach, explanatory research, since it goes beyond the description of the concept or phenomenon under study, it was also characterized by being analytical and based on studies where it was sought. understand how certain modifications in materials affect their properties, was based on theory and previous studies, there is a general premise that indicates some natural aggregates.

As a result of the participation of quail egg shells where it reaches a high level of firmness with 15% when it is in the preparation period. Over time, the pressure force increased and the percentage increased by 15% compared to the remaining doses during the entire test period.

In conclusion, the higher the concentration of quail egg shells, the heavier the concrete cylinder, so the heaviest cylinder is the cylinder that contains 15% quail egg shells. The modified concrete achieves high levels of pressure firmness and has minimal variability, especially at the beginning of the setting time, until reaching a maximum value of 24.41 MPa.

**Keywords:** Concrete, Quail egg shell, Traditional, Pressure strength, Modified.

## Índice General

AITORIO.....	ii
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Impresión de Informe Antiplagio .....	vii
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....	viii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DE LA TESIS.....	ix
Resumen Ejecutivo .....	x
Abstract .....	xi
Índice General.....	xii
Índice de Gráficos .....	xv
Índice de Tablas.....	xvi
Índice de Ilustraciones.....	xviii
Índice de Anexos.....	xix
Marco General de Investigación .....	1
Título.....	1
Planteamiento del problema .....	1
Formulación del Problema.....	3
Sistematización del Problema .....	4
Delimitación del Problema de investigación (espacial, temporal) .....	4
Línea de investigación .....	4
Objetivo General .....	4
Objetivos Específicos.....	5
Justificación de la Investigación .....	5
Hipótesis de la investigación para estudios cuantitativos .....	7
Cuando se trata de firmeza a la presión:.....	8
Mientras tanto el peso neto:.....	8
Operacionalización de variables.....	9

Marco Teórico .....	10
Antecedentes .....	10
El derecho a la vivienda.....	12
El hormigón .....	12
Componentes del hormigón.....	13
Cemento.....	13
Agregados.....	14
El agregado de mayor grosor .....	14
El agregado denominado fino .....	15
Líquido vital o Agua. ....	15
Aditivos del hormigón.....	16
Características físicas y mecánicas.....	16
Manejabilidad .....	16
Firmeza a la presión. ....	16
Durabilidad.....	17
Densidad.....	17
Peso.....	17
Cáscara de huevos de codorniz .....	18
Construcción sostenible.....	20
Productos de construcción.....	22
Reciclaje y materias primas secundarias .....	23
Cáscara de huevo de codorniz como aditivo del hormigón.....	23
Metodología y Análisis de Resultados .....	24
Enfoque de la Investigación.....	24
Tipo de Investigación .....	24
Métodos de investigación .....	24
Teóricos .....	24
Empíricos .....	26
Técnicas utilizadas.....	27

Experimentación con porcentajes de cáscara de huevos de codorniz .....	27
Elaboración de hormigón según normativa. ....	27
Análisis de tres niveles de un factor. ....	30
Diseño experimental factorial.....	30
Población .....	31
Muestra .....	31
Análisis e interpretación de resultados .....	31
Informe Técnico.....	33
Introducción.....	33
Desarrollo.....	33
Resistencia a la compresión en MPa con 3 dosificaciones de cáscara de huevos de codorniz.....	33
Análisis de normalidad de los datos de resistencia a la compresión con tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz. ....	36
ANOVA para comparar medias de la firmeza a la presión del concreto con tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz. ....	37
Peso en kg de hormigón con 3 dosificaciones de cáscara de huevos de codorniz...	40
Firmeza a la presión del hormigón con 15% de los cascarones del huevo de codorniz vs el habitual .....	41
Exámenes de regularidad de fichas de firmeza a presión con respecto a cilindros de hormigón modificados y habituales. ....	43
T-student para comparar medias de la firmeza a la presión de concreto modificado y habitual.....	44
Peso de cilindros de hormigón modificado con 15% de cáscara de huevos de codorniz vs tradicional .....	47
Diseño experimental factorial 2 <sup>k</sup> para determinar las características adecuadas de elaboración del hormigón modificado con 15% de cáscaras de huevos de codorniz para una óptima resistencia a la compresión .....	48
Conclusiones del informe.....	52
Conclusiones.....	54
Recomendaciones.....	56
Referencias bibliográficas .....	58
Anexos.....	64

## Índice de Gráficos

<b>Gráfico 1</b> Gráfica de líneas del promedio de resistencia a la compresión en el tiempo de fraguado de 3 concentraciones de cáscara de huevos de codorniz .....	34
<b>Gráfico 2</b> Diagrama Box Plot de resistencia a la compresión en MPa de 3 concentraciones de cáscara de huevos de codorniz.....	35
<b>Gráfico 3</b> Diagrama de barras del promedio de los pesos de cilindros de hormigón con 3 concentraciones de cáscara de huevos de codorniz.....	40
<b>Gráfico 4</b> Gráfica de líneas del promedio de resistencia a la compresión del hormigón con el 15% de cáscara de huevos de codorniz vs tradicional .....	42
<b>Gráfico 5</b> Diagrama box plot de resistencia a la compresión entre cilindros de hormigón añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz y cilindros de hormigón tradicional	43
<b>Gráfico 6</b> Gráfica de barras del promedio de pesos de cilindros de hormigón modificado con el 15% de cáscara de huevos de codorniz vs tradicionales .....	47
<b>Gráfico 7</b> Gráfica de interacción de factores para resistencia a la compresión .....	51
<b>Gráfico 8</b> Gráfica de efectos principales para resistencia a la compresión.....	52

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Líneas de investigación ULVR .....	4
<b>Tabla 2</b> Operacionalización de variables.....	9
<b>Tabla 3</b> Compuestos de cemento Portland.....	14
<b>Tabla 4</b> Datos de resistencia a la compresión en MPa de 8 cilindros por cada concentración de cáscara de huevos de codorniz.....	34
<b>Tabla 5</b> Análisis de normalidad de los datos de resistencia a la compresión de hormigón con tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz.....	37
<b>Tabla 6</b> ANOVA para resistencia a la compresión de tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz.....	38
<b>Tabla 7</b> Prueba de Tukey para resistencia a la compresión con tres porcentajes de cáscaras de huevos de codorniz.....	38
<b>Tabla 8</b> Prueba de Kruskal-Wallis para resistencia a la compresión de tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz .....	39
<b>Tabla 9</b> Peso en kg de 2 cilindros por cada concentración de cáscara de huevos de codorniz.....	40
<b>Tabla 10</b> Resistencia a la compresión en MPa de cilindros de hormigón con el 15% de cáscara de huevos de codorniz y tradicionales .....	41
<b>Tabla 11</b> Análisis de normalidad de los datos de resistencia a la compresión de hormigón modificado con 15% de cáscara de huevos de codorniz y tradicional .....	44
<b>Tabla 12</b> Estadísticos descriptivos de los datos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón modificado y tradicional .....	45
<b>Tabla 13</b> Prueba t-student y de Levene para datos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón modificado y tradicional .....	45
<b>Tabla 14</b> Datos de pesos en kg de cilindros de hormigón modificado añadidos con 15% de cáscara de huevos de codorniz y tradicionales .....	47
<b>Tabla 15</b> Resumen del diseño factorial .....	48

<b>Tabla 16</b> <i>Gráfica de residuos para resistencia a la compresión del hormigón modificado</i> .....	49
<b>Tabla 17</b> <i>Regresión factorial: Resistencia vs. Cemento y Agregado</i> .....	50
<b>Tabla 18</b> <i>Coeficientes de determinación para el modelo de resistencia a la compresión</i> .....	51

## Índice de Ilustraciones

<b>Ilustración 1</b> Comerciantes de huevos de codorniz cocidos de la ciudad de Riobamba .....	19
<b>Ilustración 2</b> Esquema simplificado del proceso futuro del sector de la construcción, basado en la economía circular .....	21
<b>Ilustración 3</b> Esquema de economía circular para el sector de la construcción.....	22

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1</b> Probetas .....	64
<b>Anexo 2</b> Recolección de cáscara del huevo de codorniz .....	64
<b>Anexo 3</b> Fabricación de hormigón y muestras.....	65
<b>Anexo 4</b> Dosificación de hormigón con cáscaras del huevo de codorniz.....	65
<b>Anexo 5</b> Cáscaras del huevo de codorniz molido.....	66
<b>Anexo 6</b> Proceso de molienda de cáscaras del huevo de codorniz .....	66
<b>Anexo 7</b> Material pétreo utilizados .....	67
<b>Anexo 8</b> Mina cerro negro .....	67

## **Marco General de Investigación**

### **Título.**

ANÁLISIS DE COMPARACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL HORMIGÓN F'C= 210 kg/cm<sup>2</sup> TRADICIONAL, MODIFICADO PARCIALMENTE CON CÁSCARA DE HUEVOS DE CODORNIZ

### **Planteamiento del problema**

Para la afirmación internacional de las comisiones humanas, los individuos de todo el país están en el derecho de poseer una vivienda digna (Organización de las Naciones Unidas, 2015), sin embargo, es evidente que muchas personas se enfrentan a problemas para encontrar una vivienda asequible y segura, problema que se agudiza en las ciudades, donde usualmente se observan aglomeraciones urbanas no planificadas que tratan de acceder a construcciones de mala calidad y a altos costos (Gledhill, 2010).

En años pasados aproximadamente 125 años, un grupo de científicos como el mencionado Rudolf Clausius ya daban ideas de la crisis mundial ambiental y de construcción que se afronta en la actualidad. Es así que recursos como es el combustible no eran fáciles de conseguir, mencionando también el líquido vital, y el producto indispensable en la edificación de edificios o casas, actualmente es visible que, la distribución inadecuada de recursos que aún pueden ser aprovechados es un fundamental efecto en la contaminación y cambio climático.

En el medio de la construcción de casa se menciona que es una de las actividades más dañinas y contaminantes que ha creado la humanidad porque enfrenta dos grandes problemas: con el aprovechamiento de la intensidad de los patrimonios que no pueden ser renovables y la procreación de desechos de productos que se utiliza en la construcción o en el derrumbe, va de la mano con una disposición incorrecta. Desde la aparición del acero y el hormigón, los países han adoptado métodos de construcción por lo general funcionan con un alto nivel de combustibles, en su extracción en lugar de materiales de bajo consumo y fácilmente renovables (Bedoya Montoya, 2011).

Debido al crecimiento mundial de la población, la elaboración de casas es una industria muy solicitada. Sin embargo, se debe desenvolver en ciertas cuantificaciones de sostenibilidad climática, se recomienda la utilización de materia prima que son 100% reutilizables, como también la opción de energía alternativa (Bedoya Montoya, 2011). Los arquitectos e ingenieros encargados de la construcción tienen la responsabilidad ética y social para satisfacer a las dificultades que son las causas principales en la vía cotidiana de cada individuo, cabe mencionar que se puede evitar y perjudicar a los futuros profesionales para que tengan recursos para enfrentar los problemas actuales (Acosta, 2009).

Aunque el hormigón tiene ventajas técnicas y económicas, también tiene desventajas importantes en términos ambientales. Por lo tanto, se utilizan materias primas no renovables para fabricar el hormigón, importante adicionados, lo cual se constituyen más de un 60% a 70% de una aglomeración total (Acosta, 2009), y que podrían ser reemplazados por materiales reciclados, renovables y con características similares, así como las cáscaras de huevos de codorniz.

La procedencia imperceptible de patrimonios nativos posee una serie de efectos que van de la mano con el patrimonio y las áreas del entorno ambiental (Acosta, 2009). Con respecto a la extracción de las materias primas como agregados en minas a cielo abierto causa un gran quebranto ambiental porque desplaza la flora y la fauna, altera el paisaje y puede dejar estériles los suelos. La producción de la mina no solo afecta el entorno de la mina, sino que también traslada el material particulado al viento, lo que contamina el aire y causa enfermedades en el sistema respiratorio. También tienen un impacto en la duración de los edificios cercanos al dañar los recubrimientos de las fachadas debido a los efectos de la abrasión eólica o corrosión (Bedoya Montoya, 2011).

La producción global de huevos ha experimentado un aumento exponencial en las últimas décadas. Se menciona que la elaboración de huevos ha tenido mayor producción considerándose entre los 60,5 millones de toneladas con respecto al año 2009 a 74,3 millones de toneladas en los que respecta al año 2018, se evidencia un nivel alto de crecimiento en un 26% en una década y la tendencia persigue (Comisión internacional del huevo, 2023). El consumo de huevos de codorniz está en incremento permanente en

todo el mundo debido a su excelente perfil nutricional y a su popularidad en la alimentación, al igual que la cría de codornices (Poultrylife, 2023), sin embargo, la producción se encuentra poco tecnificada, lo que genera pérdidas a los coturnicultores (Zamora-Sanabria & Chacón-Villalobos, 2021). Es por ello que los investigadores, por más de 20 años han buscado la manera de proponer un reciclaje y rebioactivación de los componentes de los huevos de codorniz, especialmente de su cáscara, con el objetivo de producir formulaciones limpias con un alto nivel de valor incorporado, ya que posee altas cantidades de calcio biológico y calcio iónico (Valdés Figueroa, 2009). Hoy en día en el medio se evidencia que unas 207179 especies de aves llamadas codorniz elaboradas en suelo ecuatoriano, las cuales producen una media de 250 huevos al año, con un peso individual promedio de 10 gramos, donde la cáscara ocupa entre un 15% y un 20% del peso total de un huevo (García Pérez, 2015), es decir, hay un aproximado de 103589,5 kg o 103,589 toneladas de desperdicio anual de cáscara de huevo de codorniz que se envía a los basureros y podría ser aprovechada para generar sostenibilidad en las industrias.

Lo expuesto anteriormente hace evidente la necesidad urgente de emplear nuevos materiales en la construcción, que permitan dotar de una morada segura a sus habitantes, pero en armonía con el ambiente, lo que contempla una construcción sostenible. En el ámbito profesional y académico, se pueden formular soluciones para hacer frente a los requerimientos de la sociedad y abordar las dificultades y consecuencias de las diligencias con respecto a la arquitectura y edificación de hogares.

### **Formulación del Problema**

¿Existe diferencia significativa entre el comportamiento mecánico del hormigón  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  tradicional y modificado con cascarones de huevos de codorniz?

**H<sub>0</sub>:** No existe diferencia significativa entre el comportamiento mecánico del hormigón  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  tradicional y el modificado con cascarones de huevos de codorniz.

## Sistematización del Problema

- ¿Qué porcentaje será el óptimo en la cascará de huevos de codorniz en la elaboración de concreto a emplearse en el estudio comparativo?
- ¿Cuáles son los valores de firmeza en la presión y peso neto del concreto habitual y transformado utilizando la cáscara proveniente del huevo de las codornices?
- ¿Cuáles son los mejores componentes de construcción, como tipo de cemento y materiales pétreos, para el hormigón modificado con cáscara de huevos de la especie de aves llamada codorniz?

## Delimitación del Problema de investigación (espacial, temporal)

Para el presente estudio serán empleados materiales obtenidos en la ciudad de Riobamba en los meses Noviembre 2023 – Marzo 2024, donde los principales son cáscaras de huevos de codorniz de los comerciantes de la ciudad, cemento tipo Portland tipo I y materiales pétreos de minas cercanas; cuya experimentación se realizará en el Laboratorio de Hormigones, suelos y asfaltos “LIIC” en el periodo de febrero hasta marzo del año 2024.

## Línea de investigación

### Tabla 1

*Líneas de investigación ULVR*

<b>Dominio</b>	<b>Línea de investigación institucional</b>	<b>Sublínea</b>
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industrial y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Materiales de construcción

**Fuente:** (Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2017)

**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

## Objetivo General

Comparar el comportamiento mecánico del hormigón  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  tradicional y modificado con cascarones de huevos de codorniz, mediante un análisis experimental y estadístico, para determinar las diferencias significativas entre ambos.

## **Objetivos Específicos**

- Investigar aspectos teóricos relacionados con el comportamiento del hormigón modificado con cáscara de huevos de codorniz a través de la revisión literaria que permitan el conocimiento adecuado de la resistencia a la compresión y peso del hormigón.
- Realizar probetas de hormigón para determinar la dosificación óptima de cáscara de huevos de codorniz a emplearse en el estudio semejante, mediante el cálculo de la firmeza en la presión y peso, y comparativa con la normativa nacional.
- Experimentar en recipientes de prueba con un concreto tradicional y modificado con cáscaras de huevos de codorniz para establecer las óptimas propiedades mecánicas, mediante un análisis de balance de medias en la firmeza a la presión y peso.
- Determinar los componentes de construcción óptimos para el hormigón modificado con cáscara de huevos de codorniz, mediante un diseño experimental con análisis comparativo de marcas de cemento y materiales pétreos.

## **Justificación de la Investigación**

Las características que benefician a nivel decrecimiento general y mercantil de una nación son la creación de edificaciones, para hacer frente a los requerimientos de vivienda y hábitat de la sociedad. Sin embargo, durante todo el período de existencia de la construcción, estas actividades poseen una negatividad en el área de entorno ambiental, mercantil y la humanidad, debido al uso de los patrimonios, lleva sus consecuencias en la procreación de desechos contaminantes (Acosta, 2009).

La construcción sostenible tiene una importancia vital en la actualidad debido a su enfoque en minimizar el impacto ambiental de los edificios mientras se maximiza la eficiencia de recursos. Los materiales ecológicos son empleados, promoviendo la conservación de combustibles y aprovechando materia prima la cual se consideran como desperdicios, pero conservando el ciclo de vida del edificio. Cabe recalcar que este material no solo resguarda el medio climático, también va a contribuir al ahorro

significativos a extenso vencimiento y optimizar la vida cotidiana de cada persona que vive en el medio o trabajan en estos espacios.

Actualmente existe desperdicio de cáscara de huevos de codorniz, generado principalmente en industrias alimentarias que procesan grandes cantidades de huevos de codorniz para su uso en diferentes productos, así como en restaurantes, puestos rodantes de venta y hogares donde se consume este tipo de huevos. A pesar de que son pequeñas y parecen insignificantes individualmente, la cantidad de cáscaras producidas puede sumar un volumen considerable cuando se considera la escala de producción y consumo a nivel global (Cabello et al., 2022; Poultrylife, 2023).

En la industria de producción avícola, también se desechan muchos huevos, debido a cambios como imperfecciones de evacuaciones o manchas de sangre, cáscara destrozada o fisurada, organismos insólitos, etc., por lo que no se pueden comercializar. Los huevos pasteurizados, netos o resecados, incluso en la manutención de animales, habitualmente se vuelven a utilizar, pero los cascarones son suprimidos o reutilizadas, a pesar de ser un principio de calcio de mayor nivel de biodisponibilidad (92,6%). Los cascarones de huevos no le dan otra utilización debido a que no se conocen procesos en donde se las requiera o su reproceso es complicado y tiene un precio elevado, por lo que, sale más fácil y beneficioso desechar los cascarones en los contenedores de la basura. Al desechar los cascarones de huevos en países como EE. UU, puede llegar a costar un precio de \$40 por cada tonelada, de esta manera se genera un alto nivel de toneladas cada día, lo que también genera y representa un problema ambiental, debido a que la membrana posee un sin número de proteínas en los cascarones sin procesar cautiva insectos y roedores, donde puede atraer enfermedades perjudiciales. En un estudio realizado a productores avícola de codorniz, se menciona que el 80% de los fabricantes examinados, la apartaban y no le daban algún otro uso adicional, el 20% de los fabricantes le daban otro uso a este material, entre ellos es sacar el calcio y era de alimento para las aves de la propia empresa, los cascarones eran llevados a moler y lo transformaron en alimento, sin embargo, realizar este procedimiento tiene una dificultad, ya que si las aves se alimenta de este material cambien su comportamiento y empiezan

a picar sus propios huevos, lo que conlleva una pérdida de sus productos (Cabello et al., 2022).

El hormigón modificado con cáscara de huevos de codorniz ofrece varios beneficios, con una perspectiva en los ambiental como experimentado. Es por ello que, en vez de desechar las cáscaras para uso doméstico y comercial, se las emplea para enriquecer el concreto, es decir, se aprovecha un desecho para mejorar las propiedades del material (Acosta, 2009).

Algunos de los beneficios que se podrían obtener con esta modificación del concreto pueden ser: la mejora de la sostenibilidad, mediante el reciclaje de residuos que de otro modo terminarían en vertederos, esto va a beneficiar para reducir el rastro del carbono; se menciona que el progreso en las participaciones de los mecanismo como la firmeza a la presión y la durabilidad (Imbaquingo Chamorro, 2015), debido a la composición química de las cáscaras, ricas en calcio; la reducción del peso, lo que es especialmente útil en aplicaciones donde el peso es una consideración crítica, como en elementos prefabricados o en la elaboración de edificaciones de mayor altitud; y la mejora en el aspecto estético, donde las cáscaras de huevo en el hormigón pueden aportar una textura o acabado especial que puede ser valorado en ciertas aplicaciones arquitectónicas para dar un toque único.

### **Hipótesis de la investigación para estudios cuantitativos**

En la firmeza a la presión cabe mencionar y recalcar los siguientes parámetros poblacionales:

$\mu_1$ = La firmeza a la presión promedio del concreto habitual.

$\mu_2$ = La firmeza a la presión promedio del concreto transformada de los cascarones del huevo de codorniz

Por lo tanto, los parámetros poblacionales para el peso también se consideran de la siguiente manera:

$\mu_1$ = El peso promedio de la estructura de concreto tradicional.

$\mu_2$ = El peso promedio del hormigón modificado con cáscaras de codorniz.

***Cuando se trata de firmeza a la presión:***

**H<sub>0</sub>:** La firmeza a la presión promedio del concreto tradicional y modificada de los cascarones del huevo de codorniz no es significativamente diferente.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

**H<sub>1</sub>:** El concreto habitual y el hormigón transformado de los cascarones del huevo de codorniz difieren significativamente en la resistencia a la compresión promedio.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

***Mientras tanto el peso neto:***

**H<sub>0</sub>:** La media del peso neto del concreto transformado con cascarones del huevo de codorniz, no tiene diferencia significativa con el peso total del concreto habitual.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

**H<sub>1</sub>:** La media del peso neto del concreto transformado con cascarones del huevo de codorniz, tiene diferencia significativa con el peso total del concreto habitual.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

La meta fundamental que se persigue en el trabajo de exploración es determinar si hay diferencia significativa entre el concreto habitual y transformado de los cascarones del huevo de codorniz en términos de peso y resistencia a la compresión.

Se aplicarán métodos como la comprobación de las suposiciones y pruebas de hipótesis (p. ej., la regulación estándar, T de Student.) para confirmar la validez de los supuestos.

## Operacionalización de variables

**Tabla 2.** *Operacionalización de variables*

<b>Tipo de Variable</b>	<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Unidad</b>
Dependiente	Resistencia a la compresión	Es la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo	MPa
Dependiente	Peso de la probeta	Equivale a la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa del cuerpo	kg
Independiente	Porcentaje de cáscara de huevo de codorniz	Cantidad de cáscara de huevos de codorniz que sustituirá al agregado fino en la mezcla	gramos

**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

## Marco Teórico

### Antecedentes

Gracias a la innovación constante en el medio de elaboración de edificaciones en el transcurso del tiempo, mediante estudios han logrado que las investigaciones se centren en buscar nuevos productos que puedan mejorar las características del hormigón aprovechando elementos disponibles y ecoamigables, así como los proyectos indicados a continuación:

Santos Alay & Zúñiga Forgett (2019) realizaron un proyecto de investigación en la fabricación de hormigón con un  $f'c$  250 Kg/cm<sup>2</sup> modificado de poliuretano expandido al 3%, 6% y 9%, el cual cumplió según las normativas que establece el Ministerio de Transporte y Obras Públicas constituidas en el Ecuador, con un promedio a los 28 días de firmeza a la presión de 240,5 kg/cm<sup>2</sup>, rompimiento a la flexibilidad de 3,08 MPa, y peso neto del eje de 10,19 Kg, lo cual resultó en un hormigón alivianado en peso pero con una reducción en la firmeza tanto a la presión como a la flexibilidad comparado con el tradicional.

En un proyecto de investigación realizado en la Universidad de la Sabana con adición de los cascarones del huevo de gallina que sustituirá al polvo conocido como cemento, en una mezcla denominada mortero, y que se considera altamente contaminante. Se determinó que las propiedades de las cáscaras de huevo, concuerdan con las propiedades del cemento, pues tienen las mismas características en cuanto al calcio, lo que permitió obtener un 18% más de resistencia que la mezcla tradicional de cemento, además de representar una alternativa que apoya al medio ambiente (Universidad de la Sabana, 2019).

Castillo Jaramillo & Farinango Quilumbaquín (2019) examinaron factores como la firmeza, el peso neto de unidad, el módulo de flexibilidad, la hidratación y la esponjosidad, que son indicadores cruciales para el análisis de la estabilidad del hormigón. Esta investigación, se fabricaron 40 muestras de mezcla patrón y 60 muestras de mezcla con fibra de yute, cada una con firmezas de 22 MPa. Después de un periodo de tiempo de 28 días de curación, el 61 % de las modelos de hormigón se les realizo períodos de

hundimiento en sulfato de sodio y luego se llevaron a un horno a 111 °C ( $\pm 6$  °C), y luego se realizaron las pruebas maquinales proporcionadas. Con estos datos, se procedió a realizar un examen de comparación de todas las mezclas de concreto y se observó que la solución a cuál fue sumergida que es el sulfato de potación afecta netamente en la firmeza y la esponjosidad del concreto, lo que es crucial para los ensayos de estabilidad.

Cuadrado Ayala (2022) realizó un proyecto de investigación donde se analizaron las propiedades mecánicas del concreto reformado mediante la sustitución de diversos materiales directos pétreos como arena y 3/4 de piedra por una composición de proporciones semejantes de los cascarones de los cereales y cáscara de grano en términos de peso neto (consistencia) y firmeza en presión del hormigón. El experimento se realizó con pruebas a los 7, 14 y 28 días a temperatura ambiente, enfocándose en los resultados obtenidos a los 27 días para calcular la firmeza total, cuya mejor combinación se consiguió al implementar un 6% cascarilla de cereal y grano, lo que ayuda a reducir el peso neto del concreto y admite condiciones de presión similares para condiciones tradicionales.

Suárez Ferrufino et al. (2022) ejecutaron un estudio con la meta de evaluar el trabajo, firmeza a la presión y rapidez del pulso ultrasónico (UPV) del concreto derivado utilizando grandes agregados de laterita y superplastificantes comerciales. Se reflexionaron cinco proporciones dispares de aditivos (según el peso del hormigón): 0% (referencia), 0.7, 0.9, 1.1 y 1.3%. Cuando ultimó que las adiciones súper plásticas mejorarán el uso del porcentaje más alto, la mezcla se muestra con 0.7, 0.9 y 1.1 % la mayor presión y capacidad de VPU, en comparación con la referencia (0 %). La mezcla se muestra con 1.2 % aditivo a la presión y el valor de VPU. Por lo tanto, se puede determinar que la utilización de los aditivos, como se menciona a los superplastificantes, es favorable para el trabajo y firmeza a la presión del concreto, también se indica como una elección viable y sustentable a la competencia técnica en la producción de concreto utilizando materiales locales.

## **El derecho a la vivienda**

Tener una vivienda apropiada y conveniente con los bienes necesarios no sólo indica lo que un individuo necesita, sino que además indica alcanzar una altura de vida adecuada. Por esta razón, la Constitución ecuatoriana responde a la obligación de un hogar digno y lo expone de forma exhaustiva de la obligación a una vivienda adecuada. Es responsabilidad del estado garantizar este derecho (Castro Martínez, 2018). Sin embargo, el Estado debe responder a las necesidades de las personas con menores ingresos, puesto a que el valor del precio de los predios o de los hogares ha provocado que muchos casos no se pueda acceder a ellas con el nivel de ingresos del hogar (Quishpe Sinallin, 2019).

La accesibilidad a la vivienda podría ser solventada con políticas públicas que impliquen una construcción sostenible, mediante estructuras amigables con el medio ambiente, eficientes en el uso de recursos y que brinden beneficios económicos a largo plazo. En el caso de Ecuador, al utilizar materiales locales y técnicas de construcción que minimizan el desperdicio, el coste de las viviendas puede reducirse; esto hace que sea económicamente más accesible para más personas adquirir una vivienda, además, las casas construidas con principios sostenibles suelen tener costes operativos más bajos (menor consumo de energía, agua, etc.), haciéndolas más asequibles a largo plazo.

La vivienda, fundamentalmente la prestación social, simboliza uno de los elementos más significativos del planeamiento urbano, y debe satisfacer las invitaciones y necesidades de cada uno de los individuos, favorecer en una sustentabilidad urbana, contribuir al bienestar con un menor costo y reducir el impacto ambiental, mediante el empleo de materiales innovadores. Sin embargo, en América Latina, estos aspectos han sido descuidados, lo que ha resultado en una disminución de la característica constructivas y diferenciación en el estilo de vida de los individuos (Pérez - Pérez, 2016).

## **El hormigón**

Posee una composición semejante de la caliza, líquido vital, sílice, cascajo y muchas veces aditivos. Actualmente es la materia prima más utilizada en el medio de las

edificaciones construidas debido a su firmeza, durabilidad, resistencia al agua, disposición de elaboración y economía.

Sus orígenes se remontan a dos siglos antes de Cristo, en Roma, donde se utilizaba una mezcla de caliza calcinada, roca volcánica y piedra para la edificación de estructuras arquitectónicas, pero en el periodo de los romanos donde sufrió, su uso quedó innecesario. Para el siglo XVIII, los británicos lo redescubrieron. En 1817, Vicat planteó por primera vez el proceso de producción de cemento que todavía se utiliza en la actualidad. En 1896 nació en Hennebec el proceso de prefabricación de fragmentos de hormigón.

## **Componentes del hormigón**

### ***Cemento.***

El cemento denominado Portland está elaborado a partir de una serie de minerales de calcio como un 60% de piedra caliza, alúmina y sílice, que se hallan en forma de tierra en el ambiente. Se deben evitar cantidades excesivas de magnesio, ya que induce a un quebranto de fuerza. Finalmente en la elaboración final se añade yeso y sulfato de calcio absorbido, lo que ayuda a limitar el tiempo de fraguado (Gutiérrez De López, 2003; Imbaquingo Chamorro, 2015).

El cemento que se denomina Portland no es un mezclado puro porque es imposible determinar su fórmula artificial puntual; sin embargo, se constituye de elementos conocidos, que pueden ser manipulados mediante relaciones estequiométricas para inspeccionar sus pertenencias durante la producción y cuando se utilizan como material para las edificaciones. Sus componentes básicos son:

**Tabla 3.** *Compuestos de cemento Portland*

<b>NOMBRE DEL COMPUESTO</b>
Silicato tricálcico
Silicato dicálcico
Aluminato tricálcico
Ferroaluminato tetracálcico
Yeso natural
Óxidos menores de Ca, Mg, Na, K, Mn, TI, P, Fe

**Fuente:** (Gutiérrez De López, 2003)

### ***Agregados.***

Los agregados son materia prima resultantes de la desintegración por anómalos geológicos de la Tierra a medida que se endurecen y consolidan para formar lechos rocosos o rocas ígneas que con el transcurso del tiempo se transforman en peñascos lodosas y metamórficas (Imbaquingo Chamorro, 2015). Preserva las posesiones mecánicas como consistencia, esponjosidad, estructura, firmeza a la intemperie y contextura de un peñasco matriz (Gutiérrez De López, 2003).

Por esta razón, es significativo conocer el origen del agregado de los yacimientos para examinar sus propiedades físicas y mecánicas, ya que establecerán la durabilidad de la composición (Imbaquingo Chamorro, 2015).

El árido constituye entre el 70 y el 80% del volumen del hormigón, por lo que muchas de sus propiedades dependen de las propiedades del árido, las más importantes son:

### ***El agregado de mayor grosor***

Dado que el hormigón es roca compuesta, el árido de mayor grosor es el producto principal en la producción del concreto. Además, se menciona que se debe realizar un nivel alto con una dimensión adecuado, apaleando en cálculo las exigencias del lugar y

de durabilidad. Con la consistencia aparente está en un rango de 2,41 y 2,73 g/cm<sup>3</sup>, por lo que, a máxima consistencia, mejor disposición y mínimo absorción tiene del 1 al 5%.

### ***El agregado denominado fino***

Comúnmente conocida como arena, su ocupación primordial es actuar como relleno y lubricante sobre el que ruedan los áridos de gran tamaño, otorgando trabajabilidad al hormigón.

Si se necesita arena, esto se refleja en la aspereza de la composición y requiere mayores cantidades de agua para originar un asentamiento definitivo, lo que además involucra mayores cantidades de cemento para mantener una proporción constante de agua y concreto (Gutiérrez De López, 2003).

### ***Líquido vital o Agua.***

El líquido vital de los humados y de la tierra posee una fundamental diligencia en los individuos como la producción de hormigón. Su fundamental característica está en el transcurso de solidificación, condición de las mezclas de concreto (Imbaquingo Chamorro, 2015).

Depende del monto de hormigón en el cual se debe incorporar cierta cantidad del líquido vital necesaria para su absorción, el restante del agua solo se aprovecha para desarrollar la claridad de la pasta y actúa como un lubricante de los áridos, permitiendo una adecuada trabajabilidad en composiciones recién realizadas. El líquido vital extra realiza una aglomeración permanente en composición en cuanto el concreto se chimenea crea esponjosidad, lo que somete a la firmeza.

El agua manejada en la producción del concreto debe estar destinada al consumo de los individuos, es decir, no debe contener núcleos como aceites, ácidos, álcalis y sustancias orgánicas (Gutiérrez De López, 2003).

## **Aditivos del hormigón**

El hormigón es fundamental para las áreas de las edificaciones desarrollado por tres mecanismos básicos: cemento, áridos y agua. Sin embargo, ahora se reflexiona un cuarto ingrediente esencial en la mayoría de los casos y se denomina aditivo.

Aditivo es aquella sustancia que incorporado al hormigón antes o después del mezclado, provocando el cambio deseado en las características, propiedades o comportamiento (Nistal Cordero et al., 2012).

Debido a insolvencia del árido pétreo y altos precios de carga del mismo, se corresponden averiguar alternativas parciales o completas las áreas que se especializan en las edificaciones, especialmente fabricando el concreto. Con aditivos como reemplazo de los agregados es técnicamente viable, presenta resistencia a la compresión acorde a la normativa, lo que indica su uso con conclusiones ordenadas. Desde una perspectiva en el medio ambiental y de sostenibilidad, se debe fomentar el uso materias primas específicas, impidiendo precios en el traslado, gasto de combustibles lo que provoca gases contaminantes en el entorno. Por lo tanto, necesitan más exploración sobre su rendimiento a largo plazo, sus propiedades de fabricación y su durabilidad (Suárez Ferrufino et al., 2022).

## **Características físicas y mecánicas**

### ***Manejabilidad***

También conocida como trabajabilidad, siendo una característica del hormigón recién realizado que es cabida al ser situado, espesado, acabado apropiadamente sin separarse ni sangrar. Está estrechamente relacionado con la plasticidad, lo que permite que se le dé forma y se transforme lentamente, si no se le da forma (Gutiérrez De López, 2003).

### ***Firmeza a la presión.***

El hormigón catalogado una materia prima para edificaciones está diseñada para conseguir una definitiva firmeza. La firmeza a la presión es la propiedad de funcionamiento más significativa del hormigón y consiente valorar su disposición.

Hay dos características de componentes que sobresaltan en la resistencia del concreto, el primer tipo afecta la aptitud y conjunto de los componentes que lo componen: agregado, cemento y el líquido vital o agua. Luego la disposición del transcurso del hormigón: combinado, exportación, vertido, prensado y curado; La firmeza está directamente relacionada con este transcurso.

La resistencia en la composición se relaciona el esfuerzo en  $\text{kg/cm}^2$  o en megapascuales (Gutiérrez De López, 2003).

El hormigón que ya está duro presenta firmeza a los efectos de presión, tracción y abrasión. Lo más importante es la firmeza a la presión que lo transforma en una materia prima importante. Suele alcanzar los 50 MPa en hormigón ordinario y los 100 MPa en hormigón de alta resistencia (Escuela de Ingeniería Técnica Civil, 2007).

### ***Durabilidad.***

Esta propiedad que le permite conservar su representación original, características de eficacia y asistencia en el tiempo, ante inconvenientes climáticos, agresiones químicas o cualquier distinta causa de deterioro.

Mientras tanto se menciona los factores que afectan en la estabilidad del concreto en situaciones de un cambio climático y las propiedades de la materia prima manipulados en su producción (cemento, agua, agregados) (Gutiérrez De López, 2003).

### ***Densidad.***

Simplemente es la correspondencia entre el volumen de hormigón y el cuerpo que ocupa. En cuanto al hormigón compactado elaborado a partir de áridos ordinarios, este valor oscila entre 2.300 y 2.500  $\text{kg/m}^3$ . Si se utiliza árido ligero su consistencia estará entre 1000 y 1300  $\text{kg/m}^3$ . Si se utiliza árido pesado, su consistencia oscila entre 3000 y 3500  $\text{kg/m}^3$ . (Escuela de Ingeniería Técnica Civil, 2007).

### ***Peso.***

El peso apropiado para las edificaciones se establece una diferencia fundamental en la carga neta total, por lo que comprimir su consistencia es muy favorable, ya que

llega con menores cargas a la cimentación y al terreno. El hormigón ligero, es una variante del hormigón que tiene una densidad menor en comparación al hormigón tradicional. Esto se logra generalmente incorporando aire o agregados livianos en la mezcla, lo que resulta en un material que, aunque es menos denso, conserva muchas de las propiedades deseables del hormigón tradicional (Escuela de Ingeniería Técnica Civil, 2007).

### **Cáscara de huevos de codorniz**

Los huevos de codorniz son, simplemente, los huevos puestos por las codornices, que son un tipo de pequeñas aves, los cuales representan aproximadamente un cuarto del tamaño de un huevo de gallina. Debido a su tamaño, presentan una cáscara más dura proporcionalmente, lo que los hace singularmente resistentes para su tamaño.

Los huevos de codorniz, además, son nutritivos: están cargados de vitaminas y minerales, incluyendo vitamina B12, selenio y minerales en donde hay que destacar que por cada 100 gramos de producto contienen 1,57 mg contiene hierro, con el 38,7 mg de potasio y 39,5 miligramos de calcio (El Sitio Avícola, 2022).

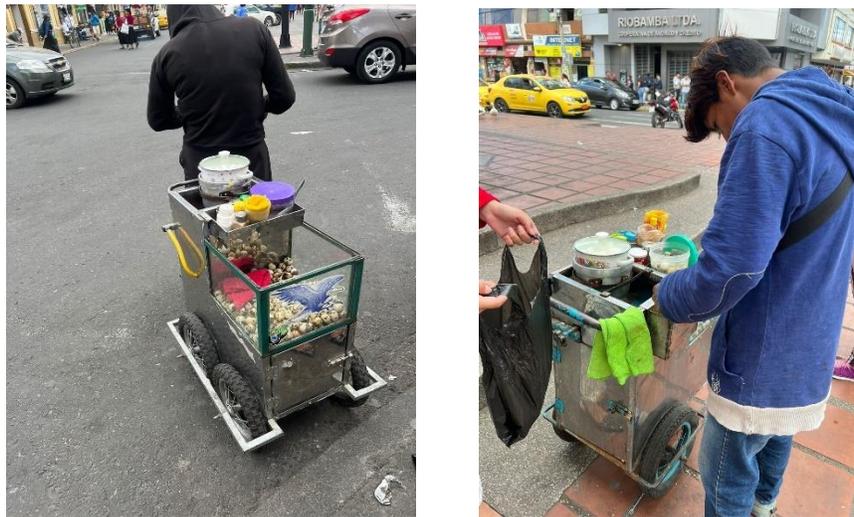
Existe una demanda insatisfecha de huevos de codorniz, la cual se puede evidenciar en la realidad de los hoteles de Ecuador. Es así que Soto-Galarza & Estévez-Torres (2017) realizaron una investigación en 250 hoteles, analizando las variables de importancia como costo y monto requerida, se menciona alguna de ellas, para comprobar una existente y un nivel alto demandado en los huevos de codorniz, aproximadamente 3.584 sólo en los hoteles de Guayaquil, semejantes a 106.419 huevos de codorniz periódicos, denominaciones que son fundamentales para la industria agropecuaria.

La cría de codornices existe en el Ecuador desde hace 25 años, pero hace unos diez años se incrementó su comercialización debido a sus bajos costos de inversión y altas ganancias. Cada ave pone entre 250 y 300 huevos anualmente, el rango de puesta comienza a las primeras 6 semanas, donde cabe mencionar que actualmente se convierte en una actividad rentable y popular (Soto-Galarza & Estévez-Torres, 2017).

Una de sus fincas más significativas es la Finca María Elena, la cual está ubicada en Santo Domingo, y es pionera en criar, cuidar y reproducir artificialmente las codornices

en el Ecuador. Lleva 20 años en funcionamiento y transporta 65.000 huevos, 17.000 de codorniz vivas y 23.000 kg en carne solidificada cada mes. La producción envía a las ciudades de renombre como lo es Quito, Cuenca, Ambato, Riobamba, Ibarra, Guayaquil, Machala y Loja. En estas ciudades, grandes y pequeños comerciantes los adquieren para negocios, de donde resalta la venta de huevos cocidos por unidades en las calles (Revista Líderes, 2015).

**Ilustración 1.** *Comerciantes de huevos de codorniz cocidos de la ciudad de Riobamba*



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

Al igual que con el uso de huevos de gallina, el consumo de huevos de codorniz también genera cáscaras como residuo, lo cual es directamente proporcional con el incremento en las ventas. Sin embargo, estas cáscaras no tienen por qué considerarse meramente como desperdicio, ya que pueden tener múltiples usos que agregan valor y sustentabilidad al proceso de consumo. Desde una perspectiva de innovación y diseño sustentable, las cáscaras de huevo de codorniz pueden ser utilizadas en la creación de materiales, como cerámicas u hormigón, aprovechando su resistencia y composición. Este enfoque de reutilización no solo ayuda a reducir el impacto ambiental asociado con el desecho de cáscaras de huevos, sino que también promueve prácticas de consumo más conscientes y responsables.

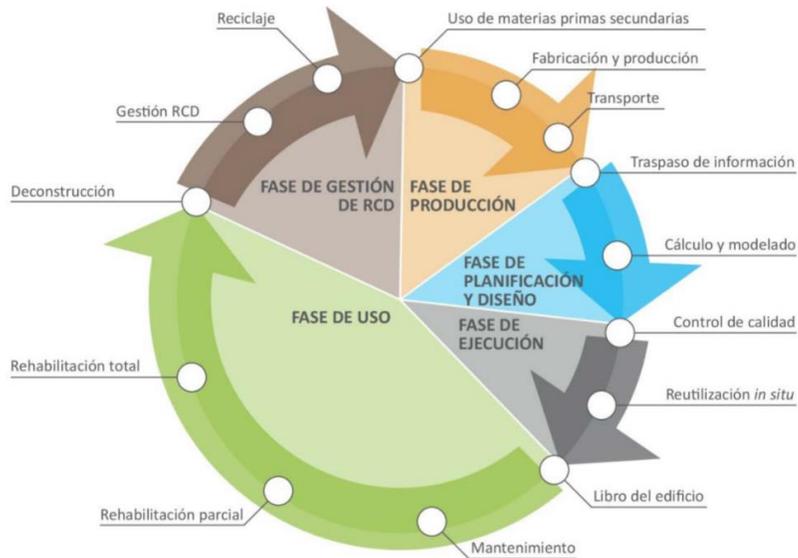
## **Construcción sostenible**

No se puede crear un futuro sostenible basándose en un modelo de “tomar, fabricar y tirar” porque diversos patrimonios nativos son finitos. Conjuntamente, las empresas constructoras tienen un rendimiento mercantil en lograr un uso óptimo de sus patrimonios, ya que logran un capital circular, donde el costo de sus edificios se preserva el mayor tiempo posible y los residuos se reducen al mínimo, lo que contribuye al medio ambiente y garantiza que los consumidores puedan utilizar servicios más sostenibles y creadores, lo que ayuda a ahorrar dinero y mejorar la eficacia de vida.

El capital circular en el área de las edificaciones abarca todo un ciclo en la vida del proceso constructivo, mediante la planificación de espacios que garanticen la máxima longevidad al proyecto, el uso de elementos de construcción que minimicen la elaboración de restos de cimentación y derribamiento y el agotamiento de agua, y sobre todo promoviendo la diligencia de servicios renovables o de segunda vida (Fundación CONAMA Grupo de trabajo GT-6 Congreso, 2018).

Un futuro próximo, en la industria de la construcción debe cambiar su modelo de negocio y los diversos actores y procesos involucrados deben adaptarse al uso de prácticas sostenibles, como se muestra en la siguiente figura:

**Ilustración 2.** Esquema simplificado del proceso futuro del sector de la construcción, basado en la economía circular

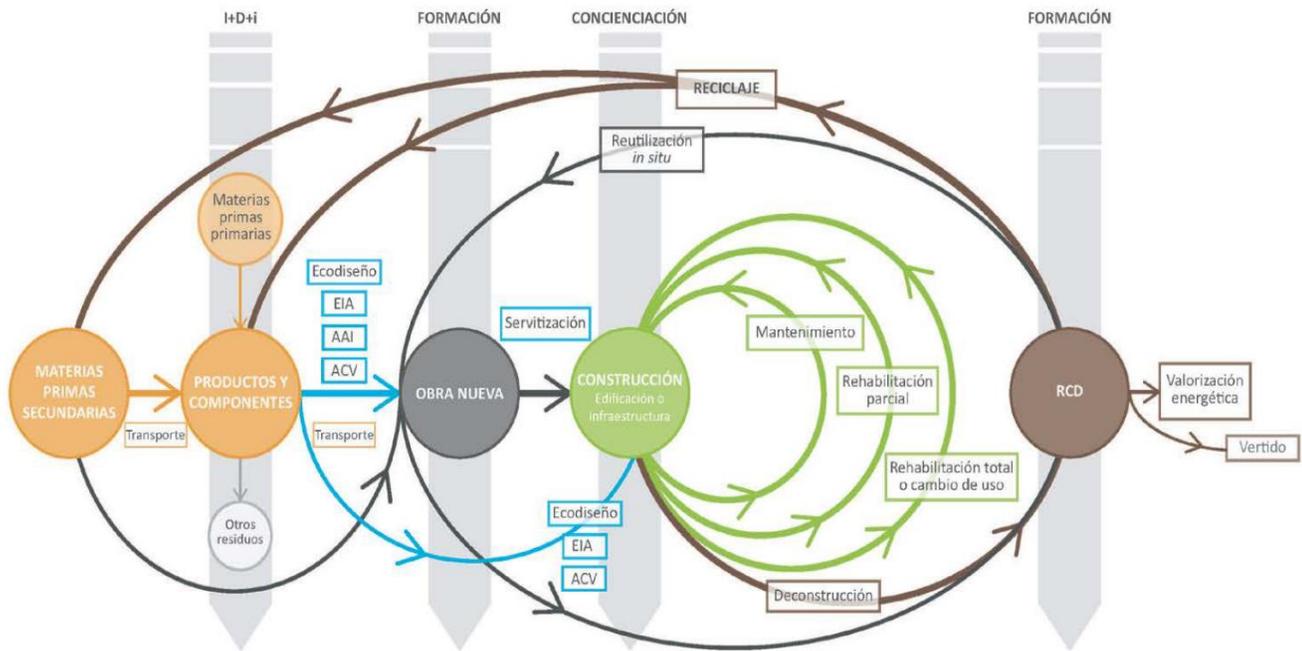


**Fuente:** (Fundación CONAMA Grupo de trabajo GT-6 Congreso, 2018)

Los profesionales en el área de construcción, como muestra la figura anterior, deben tener conciencia ética, conocimiento y cumplimiento del uso de mejores prácticas en todas las fases del proceso de obra civil, es así que deben, asegurar el cambio de materiales tradicionales a unos eco amigables, que permitan la rehabilitación de las construcciones y garantizar el aprovechamiento de recursos reciclados, pero alcanzando excelente calidad de las estructuras y satisfaciendo las necesidades de vivienda de la sociedad.

En el siguiente esquema, se puede observar como una buena práctica en la construcción es el uso innovador de materiales reciclados, así como las cáscaras de huevos de codorniz, que serán aplicadas en este proyecto, puesto que sus características pueden ser usadas como materias primas secundarias en obras nuevas, permitiendo un buen diseño, pero con condiciones de reducción de gasto energético y de impacto ambiental.

**Ilustración 3. Esquema de economía circular para el sector de la construcción**



**Fuente:** (Fundación CONAMA Grupo de trabajo GT-6 Congreso, 2018)

En la figura anterior muestra la industria minera, de la que se obtienen cemento, áridos, piedras ornamentales, cal, yeso, arena, etc. La materia prima más manejados en las edificaciones son aquellos que contienen áridos, sobre todo el hormigón. En el transcurso del proceso de procedencia y evolución de materias primas, la manufactura posee una marca en el medio ambiente (paisaje, recursos, energía, emisiones de gases de efecto invernadero, etc.). Nos esforzamos por reducir estas huellas aplicando buenas prácticas en las incomparables períodos del transcurso fructífero, así como adoptando materia prima alternos que son de gran calidad para certificar el triunfo de la sostenibilidad de los patrimonios de la construcción (Fundación CONAMA Grupo de trabajo GT-6 Congreso, 2018).

### Productos de construcción

Diseñar, innovar y crear productos de edificaciones para su uso en obra es un paso importante en la economía circular. Por tanto, el ecodiseño de los productos para las edificaciones es fundamental para crear productos lo más razonables posibles,

apaleando los factores importantes como el consumo de combustibles, las condiciones del trayecto cotidiano, la constancia, la disponibilidad, la reutilización, etc. Sin embargo, actualmente no existe aprobación para nuevos materiales derivados de estas materias primas suplentes, por lo que recopilar información sobre la vida ventajosa de los bienes y promover la investigación en el desarrollo en la creación de servicios creadores con estándares de ecodiseño es fundamental. Esto permite integrarlo en edificios y mejorar sus propiedades, rendimiento, calidad y vida útil. (Fundación CONAMA Grupo de trabajo GT-6 Congreso, 2018).

### **Reciclaje y materias primas secundarias**

Se menciona el primordial desafío más importante es disminuir la utilización de los patrimonios, mediante la capacidad en convertir residuos en productos y elementos alternativos, contribuyendo así a reducir el uso de patrimonios naturales. Por lo tanto, se cuenta la recogida selectiva total de los residuos y convertirlos en elementos y productos alternativos mediante un método de eficacia que garantice las situaciones y patrimonios de estos productos antes de salir al mercado a comercializados como materiales de construcción (Fundación CONAMA Grupo de trabajo GT-6 Congreso, 2018).

### **Cáscara de huevo de codorniz como aditivo del hormigón**

Años atrás, en la fabricación de hormigón con la implementación de los aditivos no sobrepasaban del 12%, pero actualmente se menciona que el 92% de los elementos de la construcción ya viene implementados con aditivos (Nistal Cordero et al., 2012).

## **Metodología y Análisis de Resultados**

### **Enfoque de la Investigación**

Mediante un enfoque seleccionado para el presente trabajo investigativo es el cuantitativo, puesto que se identificó con un conjunto de métodos secuenciales, probatorios de los objetivos. Nace de una idea de donde se desprenden objetivos y preguntas de investigación que permitieron establecer hipótesis y determinar variables, en donde se tuvo un plan o diseño para probarlas mediante métodos estadísticos, y extraer conclusiones respecto de las hipótesis (Ellis & Levy, 2008; Hernández Sampieri et al., 2014).

### **Tipo de Investigación**

Se plantea una investigación explicativa, puesto que va más allá de la descripción del concepto o fenómeno en estudio, sino que busca identificar las causas del evento (Hernández Sampieri et al., 2014), que en este caso corresponde a las diferencias de la firmeza a la presión y peso neto provocadas por un porcentaje de los cascarones de huevos de codorniz empleado.

Así también es el tipo de investigación correcto para explicar por qué y cómo se relacionan las variables en estudio, además de las condiciones en que se manifiesta (Hernández Sampieri et al., 2014), así como las características de elaboración del hormigón modificado.

### **Métodos de investigación**

El método es el camino o procedimiento seguro que conduce a la consecución de los objetivos y contrastar las hipótesis planteadas, es decir, es la forma de realizar un trabajo para obtener resultados acordes con un planteamiento teórico – metodológico (García Sanz & García Meseguer, 2012).

#### ***Teóricos***

- El método analítico permitió explorar un todo, mediante el desglose de sus factores o dispositivos para examinar las consecuencias, el entorno y las

afectaciones. Es primordial observar el entorno y la naturaleza correspondiente del estudio de esta manera conocer su propiedad, funcionamiento y plantear teorías actualizadas (Labajo González, 2016).

El presente método de investigación se caracterizó por ser analítico y fundamenta en estudios donde se buscó comprender cómo ciertas modificaciones en los materiales afectan sus propiedades. Aplicando este método en el contexto de la presente investigación, primero se recolectó muestras de hormigón modificado con diferentes proporciones de cáscara de huevos de codorniz, procedentes de los cilindros o profetas. Posteriormente, se sometieron estas muestras a pruebas para evaluar sus particularidades en el mecanismo, como la firmeza a la presión y el peso. Luego, se comprobó los resultados obtenidos con muestras de hormigón sin modificar para identificar variaciones y determinar si la adición de cáscara de huevos mejora o empeora estas propiedades.

- La inducción va de hechos específicos a afirmaciones generales. Mediante los resultados obtenidos se puede diferenciar, a partir de exámenes o ensayos, a menudo limitados, a construir presunción, estatutos y suposiciones que abarquen no sólo el caso inicial, sino también otros casos (Labajo González, 2016). Esto implica una generalización de los resultados, basada en las formulaciones teóricas existentes para lograr un avance en el conocimiento de la ingeniería civil.
- Método lógico deductivo: Mediante él se aplican las premisas generales descubiertas a casos particulares (Labajo González, 2016). En este estudio, basándose en la teoría y estudios previos, se tiene una premisa general que indica de algunos agregados naturales, que transforman las propiedades de los mecanismos del hormigón, a partir de ésta, se buscó realizar una investigación específica incluyendo la cáscara de huevos de codorniz como aditivo en el hormigón y evaluar las características de los mecanismos, como la firmeza, con la comparación de muestras de hormigón sin dicho aditivo.
- Método sistémico: Este método se encarga de indagar metas, con la ayuda de sus elementos de esta manera realiza una comparación entre sí. Las mencionadas recomendaciones implican el análisis de la disposición de la dinámica del material

(Labajo González, 2016). Este método es especialmente útil cuando el objetivo es estudiar las complejas interacciones dentro de un sistema, como podría ser el caso del hormigón modificado con cáscara de huevos de codorniz, donde se puede considerar no solo cómo la incorporación del aditivo afecta individualmente las propiedades mecánicas del hormigón, sino también cómo esta modificación interactúa con otros aspectos del hormigón, como sus características de fabricación, y cómo todas estas variables juntas afectan el comportamiento general del material bajo distintas condiciones.

- Método histórico: Genera información en los diferentes elementos del experimento con su relación de conjunción paso a paso. Con la ayuda de este procedimiento se examina el recorrido comprendido de una hipótesis, y su comportamiento en distintos tiempos de la historia de origen (Labajo González, 2016). Este método es requerido puesto que las mediciones de las características del hormigón son a intervalos de tiempo, específicamente, a los 7, 14, 21 y 28 días.

### ***Empíricos***

En el método llamado empírico-analítico, consiste y nace de una manera de entendimiento, autocorrectiva y progresiva (Labajo González, 2016).

- Método experimental: El método de prueba indica la selección o procedimiento, luego monitorea las secuelas. Este asunto solicita una administración deliberada para tomar medidas para examinar sus resultados potenciales. Por lo tanto, constan de varios elementos autónomos (se suponen los antecedentes), lo que permitió examinar los resultados de la administración sobre determinadas variables dependientes (se suponen las consecuencias), en el contexto inspeccionado por el investigador (Hernández Sampieri et al., 2014).
- Método de cálculo: Se formó todo el modelo la estadística de forma empírica (Labajo González, 2016). Este método es requerido donde se realizó el levantamiento de antecedentes de firmeza a la presión y peso de los rollos de hormigón tradicional, modificado.
- Método de la observación científica: Implica saber elegir lo que se quiere analizar (Labajo González, 2016). En este caso, se pudo observar el comportamiento de

las características físico mecánicas del hormigón tradicional y modificado, para describir y explicar su comportamiento, mediante la obtención de datos suficientes y confiables en eventos y/o situaciones plenamente identificadas y ubicadas en un contexto teórico.

## **Técnicas utilizadas**

### ***Experimentación con porcentajes de cáscara de huevos de codorniz***

La presente investigación se realizó una experimentación con tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz, las cuales son 5%, 10% y 15%; estos valores fueron seleccionados al tener como referencia revisión de literatura. El autor Cuadrado Ayala (2022) utiliza estos mismos porcentajes de cascarillas de cereales como aditivo, para evaluar el comportamiento mecánico del hormigón; y Ambicho Jauregui (2022) realiza 81 muestras de cada uno de los elementos que adicionan el 15%, 25% y 35% de los restos de los cascarones de huevo de gallina que han sido molidos. Estos proyectos validan el uso del 15% de aditivo orgánico en hormigón, y se usa el 5% y 10% para no alterar mayormente las características del material.

### ***Elaboración de hormigón según normativa.***

El cumplimiento de las normativas en la elaboración del hormigón asegura que este material esencial en la construcción cumpla con ciertos estándares de calidad, seguridad, y durabilidad. Estas normativas abarcan con el primer paso que es escoger los productos hasta llegar al punto de combinación, curado, prueba de hormigón (Vidaud-Quintana et al., 2019).

Seguir estas normativas es crucial por varias razones, así como:

- **Garantía de calidad:** Se verificó que el concreto tenga la firmeza requerida como también las otras propiedades necesarias para sostener las estructuras diseñadas sin fallar, lo cual es vital para la integridad estructural a largo plazo.
- **Seguridad:** Evita fallos que pudieron resultar en colapsos estructurales, poniendo en riesgo vidas humanas.

- Durabilidad: Asegura que el hormigón pueda resistir condiciones ambientales adversas, como el ciclo de congelación-descongelación, la salinidad, y la humedad, lo cual es fundamental para la longevidad de cualquier construcción.
- Uniformidad: Promueve la consistencia en la calidad del hormigón en diferentes proyectos y ubicaciones, facilitando la estandarización de las prácticas de construcción.
- Cumplimiento Legal: Seguir la normativa es a menudo un requisito legal. Ignorarlo puede llevar a sanciones, litigios, y la obligación de realizar costosas reparaciones.

Las principales normas empleadas en la elaboración del hormigón para la presente investigación son:

- Según en la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1 573:2010. Acerca del concreto mediante el polvo hidráulico. Su valor en la firmeza a la presión de muestras cilíndricas de la mezcla de polvo hidráulico: esta normativa especifica un proceso de prueba para establecer la firmeza a la presión de muestras cilíndricas de mezcla de polvo hidráulico (Instituto Ecuatoriano de Normalización del Ecuador, 2010).
- Según en la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1855-2. Hormigones. El concreto se prepara el sitio. Obligaciones: Esta normativa especifica las descripciones de producción del concreto producido en sitio en estado fresco y sin curar (Instituto Ecuatoriano de Normalización del Ecuador, 2015).
- Estructuras de hormigón armado de NEC: identificación de procesos productivos del hormigón adecuados en la construcción, de acuerdo con los avances tecnológicos, con manuales de nivel bajo en creaciones y acoplamiento de algún trabajo, garantizando el desempeño de los elementos primordiales del entorno habitacional (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador, 2014).

Según la norma del ASTM:

Práctica estándar ASTM C 31/C 31M para preparar y curar muestras de campo para pruebas de concreto.

Especificación ASTM C 33 para agregados de concreto. ASTM C 94/C 94M – 03a  
Especificación estándar en concreto pretransformado.

Método de prueba estándar ASTM C 39/C 39M en el establecer la firmeza a la presión de muestras de hormigón tubulares.

Método prueba estándar ASTM C 143/C 143M para determinar la pendiente del rollo en el concreto de polvo hidráulico.

Práctica estándar ASTM C 172 en los exámenes de mezclas como el concreto recién realizado (Cuadrado Ayala, 2022).

- Según en la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1504. Cementos. Procesamiento aditivo. Exigencias y Técnicas de Prueba: la normativa específica las obligaciones y metodologías de prueba donde se deben efectuar al manipular agregados unidos al polvo para la producción de concreto (Instituto Ecuatoriano de Normalización del Ecuador, 2017).
- Según en la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 858: 2010. Valor de las porciones (masa volumétrica) relación con huecos: la normativa específica un proceso en estudio estableciendo la porción de cada unidad (masa volumétrica) de agregados en estado comprimido o a granel y para examinar los hoyos que existe con los objetos presentes los agregados delicados y obesos o sus mezclas, basándose en la misma definición (Instituto ecuatoriano de Normalización del Ecuador, 2010b).
- Según en la normativa ecuatoriana NTE INEN 856: 2010. Los áridos. Valor en consistencia, espesor relativo (consistencia determinada) y absorbancia de agregados finos: Esta norma específica los pasos en el estudio identificando: consistencia, espesor relativa (consistencia determinada) absorbancia en agregados finos (Instituto ecuatoriano de Normalización del Ecuador, 2010a).
- Según en la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 857:2010. Áridos. Determinar el espesor relativo (compromiso determinado) y la capacidad de impregnación en el agregado obeso (Instituto ecuatoriano de Normalización, 2010).

- Según la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 696: 2011. Áridos. Exámenes en granulométrico como agregados finos y gruesos: la normativa determina un conjunto de paso de exámenes y así lograr la distribución granulométrica de agregados finos y gruesos mediante cribado (Instituto ecuatoriano de Normalización del Ecuador, 2011).

### ***Análisis de tres niveles de un factor.***

Para este factor se pretendió comparar diferentes procedimientos o diferentes niveles de un mismo factor, la réplica que se presta atención en los diferentes niveles de dicha variable expuesta. En el balance entre promedios se utilizó un programa para realizar unos procesos estadísticos de varianza ANOVA simple. Además, el ensayo debe realizarse en serie, es decir, debe diseñarse como un ensayo totalmente aleatorizado. El objetivo se probó y estimo las hipótesis apropiadas sobre los tratamientos. En la comprobación de la hipótesis planteada, se mencionó las diferencias que brinda el modelo estadístico de las variables, distribuidas normalmente, con media cero y varianza  $\sigma^2$ . También se supuso que la varianza es firme en todos los niveles de este factor (Montgomery, 2004).

Cabe recalcar, la teoría que propone Kruskal-Wallis es la prueba conveniente cuando estos no se llevan a cabo con los supuestos anteriores, como experimento no paramétrico alternativo al análisis de varianza unidireccional con varias muestras expuestas autónomas de la población estudiada. La tasa de interés para una inestable continua dada (Burbano Pantoja et al., 2023).

### ***Diseño experimental factorial.***

En estos experimentos se estudió mecánicamente los distintos factores presentes, de modo que en cada iteración comprende a la experiencia donde estudian cada una de las transformaciones que existe a nivel de los factores (Montgomery, 2004).

En la presente investigación, se usó el diseño factorial  $2^k$ , donde k representa el número de componentes, donde todos van a contener dos niveles. Los niveles están en un rango cuantitativo, o cualitativos (Montgomery, 2004), para lo cual se considera dos tipos de cemento y dos tipos de materiales pétreos.

## **Población**

La comunidad objeto de estudios estuvo conformada por el monto de los exámenes que se generen en el estudio de las características de peso neto y firmeza a la presión, ya sea en el examen tradicional del hormigón o en datos añadidos mediante los cascarones de huevo de codorniz.

Las comprobaciones se midieron con la ayuda de un parámetro de la población del estudio dada por ( $\mu$ ) si los datos resultan normales, caso contrario se realizó el correspondiente análisis no paramétrico para analizar la mediana.

## **Muestra**

El muestreo se tuvo en cuenta una población infinita, lo que significa que se pudo seguir muestreando una población de tamaño o unidades de estudio desconocidos sin que se vislumbre un final (Carrillo Flores, 2015).

Para el tamaño de la muestra se determinó teniendo en cuenta el parámetro  $\mu$  en el experimento, en el cual se tomaron dos experimentos de semejante cantidad, una con datos de concreto convencional y otra modificada con cáscara de huevo de codorniz. Por lo tanto, debido a limitaciones de costos, no existe un aproximado de la dimensión del espécimen, pero se agregaron los antecedentes conseguidos sobre la firmeza a la presión y el peso de ocho columnas de concreto para cada participación de cáscaras de huevos de codorniz. Nivel de cáscara de huevo de codorniz y 8 columnas tradicionales de hormigón.

## **Análisis e interpretación de resultados**

La participación de los cascarones de huevos de codorniz donde alcanza un nivel alto en la firmeza con un 15% cuando está en el período de preparación. Con el tiempo, la fuerza de presión aumentó y el porcentaje aumentó en un 15% en comparación con las dosis restantes durante todo el período de prueba. A los 28 días, que es cuando el hormigón ha alcanzado su máximo punto de fraguado, al 15% de cáscara de huevo de codorniz, se alcanzan 24,15 MPa, con una diferencia de aproximadamente 3 unidades superior que la resistencia al 10%, y casi 6 unidades de diferencia respecto al 5%.

La toma de datos se realizó solo a los 28 días del tiempo de fraguado, puesto que este el valor no se altera en el transcurso del tiempo. En cuanto mayor es la concentración de los cascarones de huevos de codorniz, más pesado es el cilindro de hormigón, por lo que el cilindro más pesado es el cilindro que contiene un 15% cascarones de huevos de codorniz. El concreto modificado consigue niveles altos de firmeza en la presión y posee una variabilidad mínima, especialmente al inicio del tiempo de fraguado, hasta alcanzar un valor máximo de 24,41 MPa.

Mediante el diseño factorial, se pudo evaluar cómo la variación de estos factores afecta las características del concreto, como su firmeza a la presión, de manera más eficiente y exhaustiva. Esto ayudo a optimizar la formulación del hormigón para lograr el mejor rendimiento para una aplicación específica, reduciendo al mismo tiempo el número de pruebas necesarias y ahorrando tiempo y recursos. Se aplicó un diseño factorial completo  $2^2$ , considerando como factor 1, la marca de cemento A y B, y el tipo de material pétreo proveniente de la mina A y B, y como variable de respuesta la firmeza a la presión en rollos de concreto modificado el 15% de los cascarones de huevos de codorniz

Con un p-valor de 0.334 en los estudios de la teoría de Levene, superior a 0.05, no anula la hipótesis, es decir, confirma el supuesto de homocedasticidad en los datos, por lo que se puede seguir con el análisis t-student. Se observó un p-valor de 0.042 en la prueba t-student, indica que se debe impugnar la suposición estimada revocada, donde las dimensiones de dichos cilindros de hormigón modificado y tradicional son diferentes.

Entonces, como se observó se concluye que el hormigón añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz presenta una resistencia a la compresión más alta.

## **Informe Técnico**

### **Introducción**

A lo largo de los años en la industria de la construcción, debido al calentamiento global, al no disponer de recursos renovables y la crisis económica, se ha generado una nueva línea de investigación que busca usar residuos naturales de bajo costos y alta calidad para sustituciones parciales en cemento para su uso en obras civiles. En la preparación de concreto se están presentando utilizar materiales nuevos y similares al cemento, para optimizar sus propiedades mecánicas, presentemente estas técnicas innovadoras se están evaluando y practicando para una superior optimización del adecuado concreto y de sus componentes químicos, favoreciendo así a la población en la disminución de los costos de su fabricación.

### **Desarrollo**

Para resolver la problemática antes mencionada, se desarrollaron las siguientes etapas de forma experimental:

#### **Resistencia a la compresión en MPa con 3 dosificaciones de cáscara de huevos de codorniz**

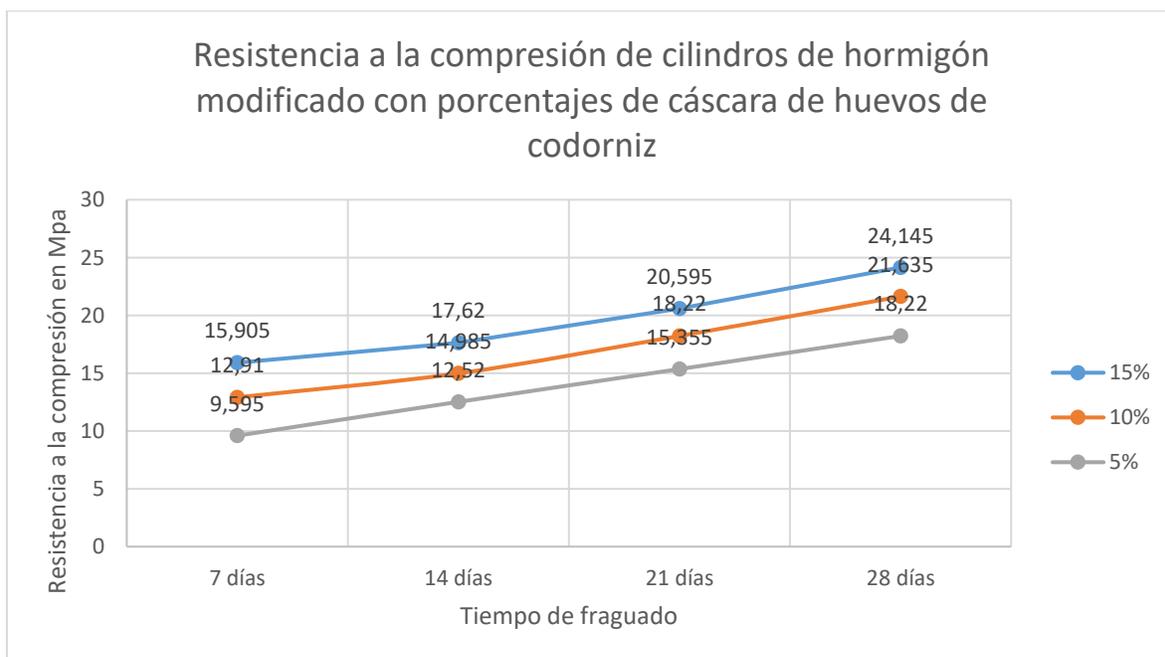
La experimentación se realizaron cilindros probeta de hormigón para valorar la firmeza a la presión con tres porcentajes de los cascarones de huevos de codorniz añadido a la mezcla en lugar del material pétreo, estos valores se observan en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Datos de resistencia a la compresión en MPa de 8 cilindros por cada concentración de cáscara de huevos de codorniz

N° réplica	% de cáscara de huevos de codorniz	7 días (Resistencia en MPa)	14 días (Resistencia en MPa)	21 días (Resistencia en MPa)	28 días (Resistencia en MPa)
1	15	15,83	17,77	20,3	24,2
2	15	15,98	17,47	20,89	24,09
1	10	12,93	14,87	18,1	21,4
2	10	12,89	15,1	18,34	21,87
1	5	9,62	12,84	15,4	18,28
2	5	9,57	12,2	15,31	18,16
	<b>15%</b>	15,905	17,62	20,595	24,145
<b>Promedio</b>	<b>10%</b>	12,91	14,985	18,22	21,635
	<b>5%</b>	9,595	12,52	15,355	18,22

Elaborado por: Cuadrado (2024)

**Gráfico 1.** Gráfica de líneas del promedio de resistencia a la compresión en el tiempo de fraguado de 3 concentraciones de cáscara de huevos de codorniz



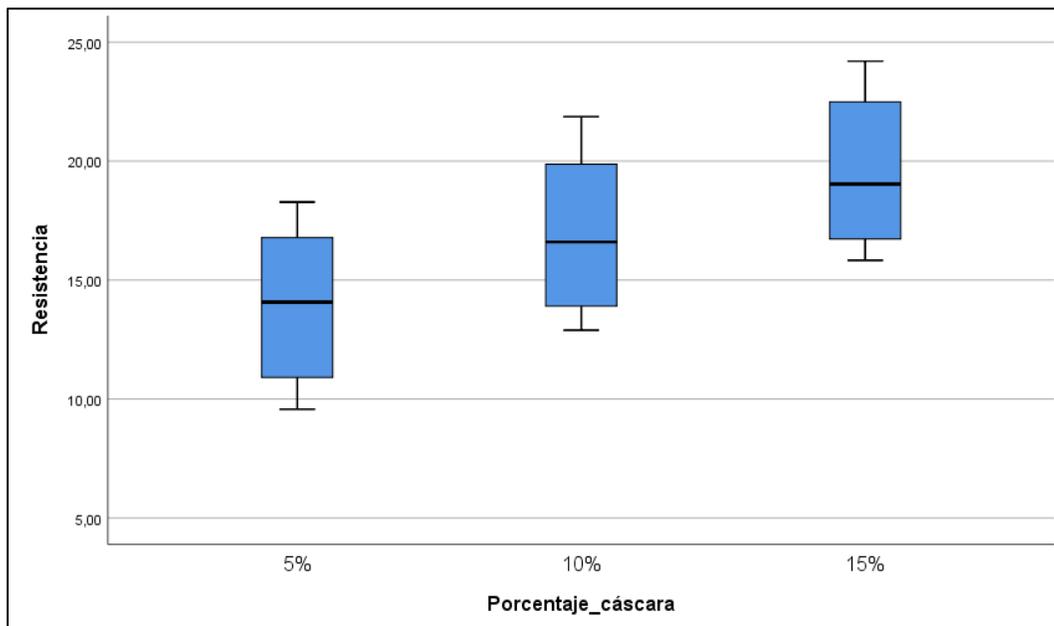
Elaborado por: Cuadrado (2024)

El gráfico anterior simboliza el valor promedio de la firmeza a la presión del producto de prueba, es pequeña el espécimen de 8 columnas redondas para las dosis de 5%, 10% y 15% de los cascarones del huevo de codorniz, expresado en MPa a los 7, 14, 21 y 28 días de consumo.

Este gráfico muestra que la participación de los cascarones de huevos de codorniz donde alcanza un nivel alto en la firmeza con un 15% cuando está en el período de preparación. Con el tiempo, la fuerza de presión aumentó y el porcentaje aumentó en un 15% en comparación con las dosis restantes durante todo el período de prueba. A los 28 días, que es cuando el hormigón ha alcanzado su máximo punto de fraguado, al 15% de cáscara de huevo de codorniz, se alcanzan 24,15 MPa, con una diferencia de aproximadamente 3 unidades superior que la resistencia al 10%, y casi 6 unidades de diferencia respecto al 5%.

Se puede determinar entonces que el hormigón se vuelve resistente mientras más aditivo de cáscara de huevos de codorniz se añade, puesto que como indica la bibliografía ésta le añade dureza con los minerales que contiene, sin embargo, la literatura también sugiere un límite de máximo 15% para evitar cambios en la composición de la mezcla.

**Gráfico 2.** *Diagrama Box Plot de resistencia a la compresión en MPa de 3 concentraciones de cáscara de huevos de codorniz*



Elaborado por: Cuadrado (2024)

El gráfico anterior muestra que cuanto mayor sea la participación de los cascarones de huevo de codorniz, mayor será la firmeza a la presión en el periodo de tiempo. Por tanto, con un 15% de los cascarones de huevo de codorniz, el valor de durabilidad es mayor, la dispersión es similar en todos los casos. Si se habla del caso particular del 15% de huevos de codorniz, la dispersión es inferior en etapas tempranas del fraguado, mientras que, a mayor tiempo de fragua, la dispersión de los datos crece también.

### **Análisis de normalidad de los datos de resistencia a la compresión con tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz.**

Existen varios métodos de estadística donde poseen una distribución poblacional normal, por lo que se debe realizar un experimento de regularidad para verificar este supuesto y responder la solidez de los análisis estadísticos paramétricos (Flores Tapia & Flores Cevallos, 2021).

Para la comprobación de las hipótesis evaluadas son:

$H_0$ : Las identificaciones persiguen una colocación uniforme

$H_1$ : Las identificaciones no persiguen una colocación uniforme

La fundamentación que realiza Shapiro-Wilk es una prueba precisa en comprobar una regularidad en cuanto a la dimensión de la muestra es inferior a 50 investigaciones (Flores Tapia & Flores Cevallos, 2021), como es el caso del experimento actual, donde se obtiene lo siguiente:

**Tabla 5. Análisis de normalidad de los datos de resistencia a la compresión de hormigón con tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz**

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Porcentaje cáscara	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia	5%	,157	8	,200*	,910	8	,352
	10%	,198	8	,200*	,902	8	,298
	15%	,204	8	,200*	,891	8	,238

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

Como se muestra en la tabla anterior, todos los porcentajes de cáscara de huevo de codorniz tuvieron valores p mayores a 0,05, donde procedió a no contradecir la suposición revocada, concluyendo que ciertos exámenes conseguidos están con una distribución regular. El apoyo a esta hipótesis nos permite realizar un estudio comparativo paramétrico de las medias de las muestras recolectadas, como por ejemplo un análisis de varianza (ANOVA).

**ANOVA para comparar medias de la firmeza a la presión del concreto con tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz.**

Mencionando que la utilización de las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$H_0$ : Tres cantidades de muestras de un hormigón modificado con tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz (5%, 10% y 15%) son iguales.

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j$$

$H_1$ : Al menos una de las medias de las tres muestras de hormigón modificado con tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz (5%, 10% y 15%) es diferente.

**Tabla 6.** ANOVA para resistencia a la compresión de tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz

<b>ANOVA</b>					
Resistencia					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	127,607	2	63,803	5,382	,013
Dentro de grupos	248,970	21	11,856		
Total	376,577	23			

**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

Con un p-valor de 0.013 inferior a 0.05, se procedió a la anulación de la suposición revocada, recalando una de ciertas cantidades con firmeza en presión con varias participaciones de la cáscara de cereales es diferente.

Adicional, se realiza un análisis post-hoc con la prueba de Tukey de comparaciones múltiples, ya que permite hallar todas las combinaciones posibles de grupos en un conjunto de datos, obteniendo la siguiente información:

**Tabla 7.** Prueba de Tukey para resistencia a la compresión con tres porcentajes de cáscaras de huevos de codorniz

<b>Resistencia</b>			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Porcentaje cáscara	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
5%	8	13,9225	
10%	8	16,9375	16,9375
15%	8		19,5663
Sig.		,210	,299

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,000.

**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

Se pueden hallar dos posibles subconjuntos del conjunto de datos, donde el añadir 5% de cáscara de huevos de codorniz es estadísticamente diferente que añadir 15%, sin embargo, se puede considerar igual añadir 10% y 15% de este aditivo orgánico.

A pesar de la obtención de las investigaciones siguen un patrón de distribución regular, se realiza un experimento equivalente que no posea un parámetro al ANOVA, que corresponde a la teoría mencionada de Kruskal-Wallis de los experimentos que forman un valor independiente, en donde con un p-valor de 0.032 se obtiene la misma conclusión que el análisis paramétrico antes realizado, es decir, al menos una de las medianas de la firmeza a la presión con varias participaciones es diferente, como se muestra a continuación:

**Tabla 8.** Prueba de Kruskal-Wallis para resistencia a la compresión de tres porcentajes de cáscara de huevos de codorniz

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Resistencia es la misma entre las categorías de Porcentaje_cáscara.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,032	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05

Elaborado por: Cuadrado (2024)

Del análisis anterior, se puede concluir que se usará la mezcla con el 15% de cáscara de huevos de codorniz para comparar con el hormigón tradicional, puesto que se diferencia del resto de porcentajes y ofrece la mayor resistencia a la compresión.

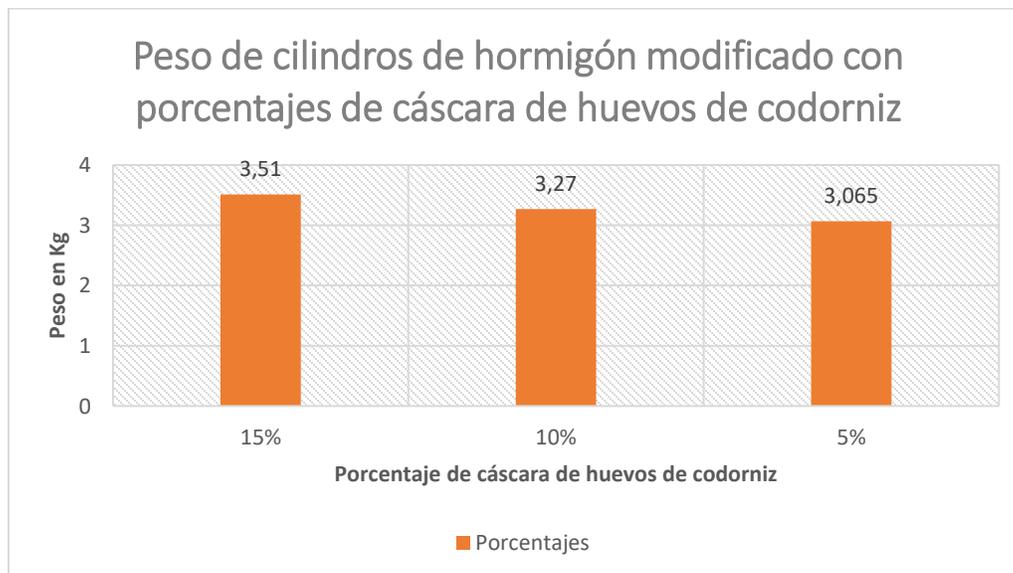
## Peso en kg de hormigón con 3 dosificaciones de cáscara de huevos de codorniz

**Tabla 9.** *Peso en kg de 2 cilindros por cada concentración de cáscara de huevos de codorniz*

N° réplica	% de cáscara de huevos de codorniz	Peso en Kg
1	15	3,5
2	15	3,52
1	10	3,25
2	10	3,29
1	5	3,03
2	5	3,1
	<b>15%</b>	3,56
<b>Promedio</b>	<b>10%</b>	3,27
	<b>5%</b>	3,065

Elaborado por: Cuadrado (2024)

**Gráfico 3.** *Diagrama de barras del promedio de los pesos de cilindros de hormigón con 3 concentraciones de cáscara de huevos de codorniz*



Elaborado por: Cuadrado (2024)

La toma de datos fue realizada solo a los 28 días del tiempo de fraguado, puesto que este el valor no se altera en el transcurso del tiempo. En el gráfico anterior observamos que cuanto mayor es la concentración de los cascarones de huevos de

codorniz, más pesado es el cilindro de hormigón, por lo que el cilindro más pesado es el cilindro que contiene un 15% cascarones de huevos de codorniz.

### **Firmeza a la presión del hormigón con 15% de los cascarones del huevo de codorniz vs el habitual**

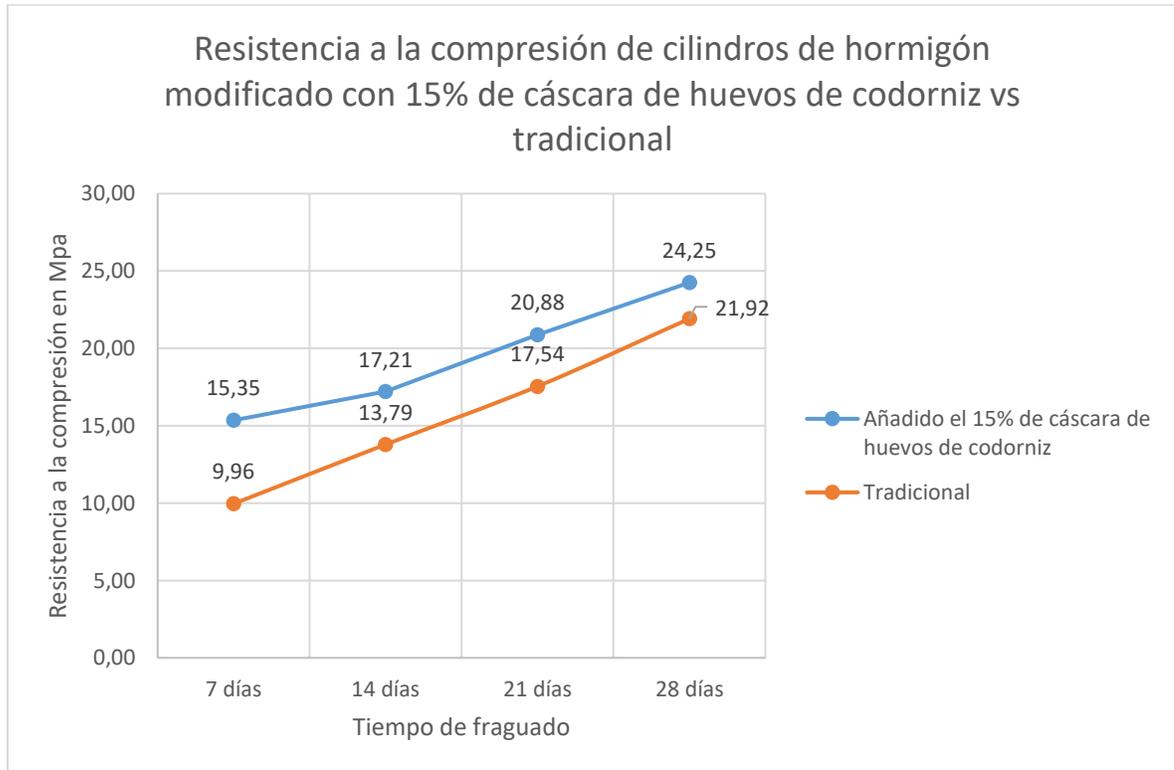
Se procedió a ejecutar balances de firmeza a la presión y peso entre columnas de hormigón que contenían un 15% de los cascarones de huevo de codorniz y columnas de hormigón convencionales. Se eligió esta proporción de aditivos orgánicos porque es la más resistente y, aunque no la más ligera, sigue siendo compatible con la normativa originario del país que está en vigencia.

**Tabla 10.** Resistencia a la compresión en MPa de cilindros de hormigón con el 15% de cáscara de huevos de codorniz y tradicionales

N° réplica	Tipo de hormigón	7 días (Resistencia en MPa)	14 días (Resistencia en MPa)	21 días (Resistencia en MPa)	28 días (Resistencia en MPa)
1	Añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz	15,11	17,02	20,78	24,01
2	Añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz	15,35	17,22	20,92	24,33
3	Añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz	15,6	17,38	20,95	24,41
1	Tradicional	9,97	13,87	17,59	21,92
2	Tradicional	9,91	13,61	17,49	21,99
3	Tradicional	9,99	13,89	17,55	21,84
<b>Promedio</b>	<b>Añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz</b>	15,35	17,21	20,88	24,25
	<b>Tradicional</b>	9,96	13,79	17,54	21,92

Elaborado por: Cuadrado (2024)

**Gráfico 4.** Gráfica de líneas del promedio de resistencia a la compresión del hormigón con el 15% de cáscara de huevos de codorniz vs tradicional



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

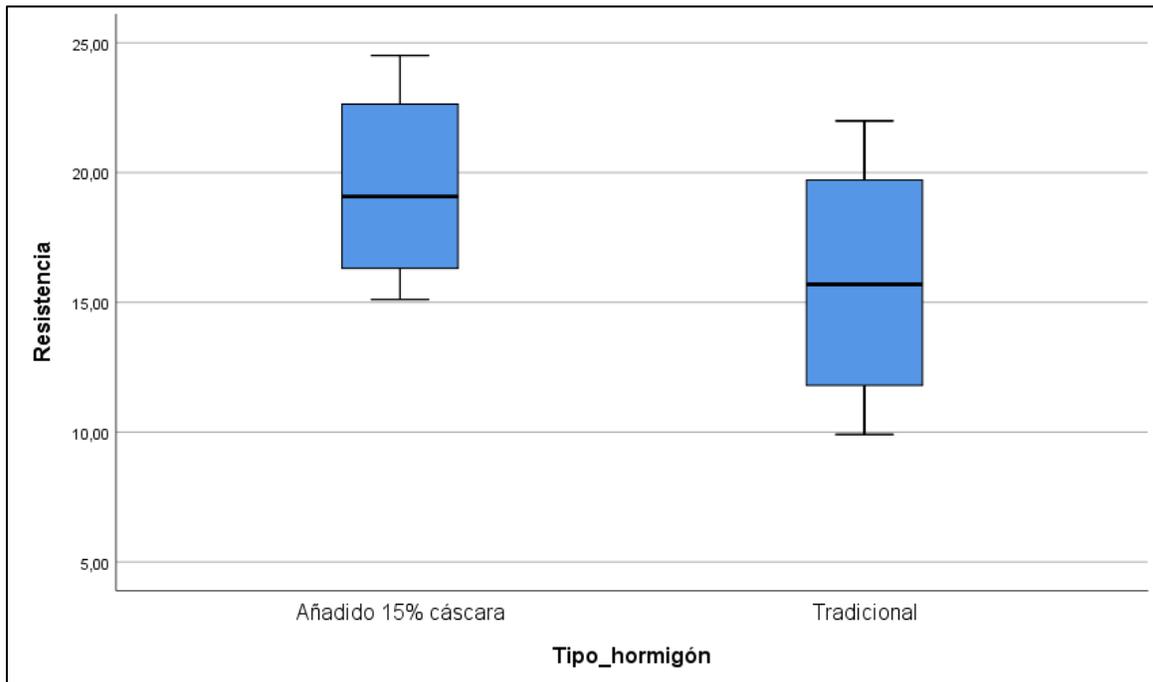
Se efectuó una prueba de firmeza a la presión en muestras de 12 columnas de concreto adicionadas a una dosis óptima de 15% de los cascarones de huevo de codorniz y 12 columnas de concreto convencional con medidas de MPa de 7, 14, 21, respectivamente y 28 días.

En el gráfico se puede prestar atención que los rollos de concreto reformado poseen un nivel alto de firmeza a la presión, lo que ratifica la revisión de la literatura realizada que indica que los minerales presentes en la cáscara de huevo mejoran las propiedades de los mecanismos de combinación del concreto.

La gráfica también indica el comportamiento del hormigón modificado, el cual tiene un crecimiento lineal, sin embargo, durante la primera semana el proceso de estabilización es lento y después de 7 días los datos se elevaron repentinamente. Asimismo, a los 28 días se registró un contraste de firmeza a la compresión de

aproximadamente 2 MPa con las dos combinaciones, siendo la principal la del hormigón con agregados orgánicos.

**Gráfico 5.** *Diagrama box plot de resistencia a la compresión entre cilindros de hormigón añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz y cilindros de hormigón tradicional*



Elaborado por: Cuadrado (2024)

El gráfico anterior muestra que el concreto modificado consigue niveles altos de firmeza en la presión y posee una variabilidad mínima, especialmente al inicio del tiempo de fraguado, hasta alcanzar un valor máximo de 24,41 MPa.

### **Exámenes de regularidad de fichas de firmeza a presión con respecto a cilindros de hormigón modificados y habituales.**

Se procede a la ejecución de normalidad con muestras que son recabados de las hipótesis previamente analizadas:

$H_0$ : Los valores persiguen una determinación regular

$H_1$ : Los valores no persiguen una determinación regular

Con la teoría que menciona Shapiro-Wilk es el correcto para diferenciar regularidad cuando la dimensión de las pruebas es mínima a 50 investigaciones (Flores Tapia & Flores Cevallos, 2021), que es el caso del presente análisis. Se tiene:

**Tabla 11.** *Análisis de normalidad de los datos de resistencia a la compresión de hormigón modificado con 15% de cáscara de huevos de codorniz y tradicional*

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Tipo hormigón	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia	Añadido 15% cáscara	,217	12	,126	,872	12	,069
	Tradicional	,160	12	,200*	,885	12	,100

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

Con los valores que se indicó en las tablas preliminares acerca de la firmeza de presión del hormigón modificado esta entre un 15% de los cascarones de huevos de codorniz y tradicional presentan un p-valor superior a 0.05, donde la suposición revocada de la impugna y concluimos que los datos que persiguen una regularidad estándar. El apoyo a esta hipótesis consiente ejecutar una comparación paramétrica del estudio de medias para dos pruebas independientes, es decir, t de student.

### **T-student para comparar medias de la firmeza a la presión de concreto modificado y habitual.**

Con la regularidad de la t de student las probabilidades son adecuada para comparar el monto de dos poblaciones normalmente distribuidas e independientes, mientras tanto si las pruebas son mínimas a  $\leq 30$  datos y en el cual la pérdida de los pasos del esquema de una cantidad que no es conocida (Triola, 2009).

Se usan las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

H0: No va a tener una variación reveladora con la media de la firmeza a la presión y con el concreto modificado con el 15% de los cascarones de huevos de codorniz y el hormigón tradicional.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

H1: Va a tener una variación reveladora con la media de la firmeza a la presión y con el concreto modificado con el 15% de los cascarones de huevos de codorniz y el hormigón tradicional.

**Tabla 12.** Estadísticos descriptivos de los datos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón modificado y tradicional

Estadísticas de grupo					
	Tipo hormigón	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia	Añadido 15% cáscara	12	19,4650	3,64102	1,05107
	Tradicional	12	15,8017	4,63172	1,33706

Elaborado por: Cuadrado (2024)

En la tabla anterior se observa los datos acerca de la predisposición global y la difusión de las pruebas de investigaciones de firmeza a la compresión de cilindros de concreto tradicional y concreto reformado con 15% de los cascarones de huevos de codorniz. Esto permite observar que la media del hormigón modificado es más alta que la del tradicional y que sus valores son menos dispersos, es decir, presentan mejor homogeneidad.

**Tabla 13.** Prueba t-student y de Levene para datos de resistencia a la compresión de cilindros de hormigón modificado y tradicional

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia	Se asumen varianzas iguales	,974	,334	2,154	22	,042	3,66333	1,70073	,13623	7,19044

No se asumen varianzas iguales			2,154	20, 838	,043	3,66333	1,70073	,12480	7,20187
---	--	--	-------	------------	------	---------	---------	--------	---------

**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

En la tabla anterior se describe una de las teorías de Levene, la cual es un dato primordial en la estadística inferencial, la cual permite valorar la identidad de las varianzas con respecto a la resistencia a la compresión de dos grupos, que corresponden al hormigón modificado y tradicional. Algunos procedimientos estadísticos como la t-student para comparación de muestras independientes asume que las varianzas de la población de estudios de las cuales se despegan viarias pruebas son semejantes. En la teoría de Levene valora este aparente, considerando como hipótesis nula de que las varianzas con respecto a la población de estudio son semejantes, es decir, asume la existencia de homogeneidad de varianza u homocedasticidad (Triola, 2009).

Con un p-valor de 0.334 en los estudios de la teoría de Levene, superior a 0.05, no anula la hipótesis, es decir, confirma el supuesto de homocedasticidad en los datos, por lo que se puede seguir con el análisis t-student. En la tabla también se observa un p-valor de 0.042 en la prueba t-student, indica que se debe impugnar la suposición estimada revocada, donde las dimensiones de dichos cilindros de hormigón modificado y tradicional son diferentes. Entonces, como se observó en la figura 5 se concluye que el hormigón añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz presenta una resistencia a la compresión más alta.

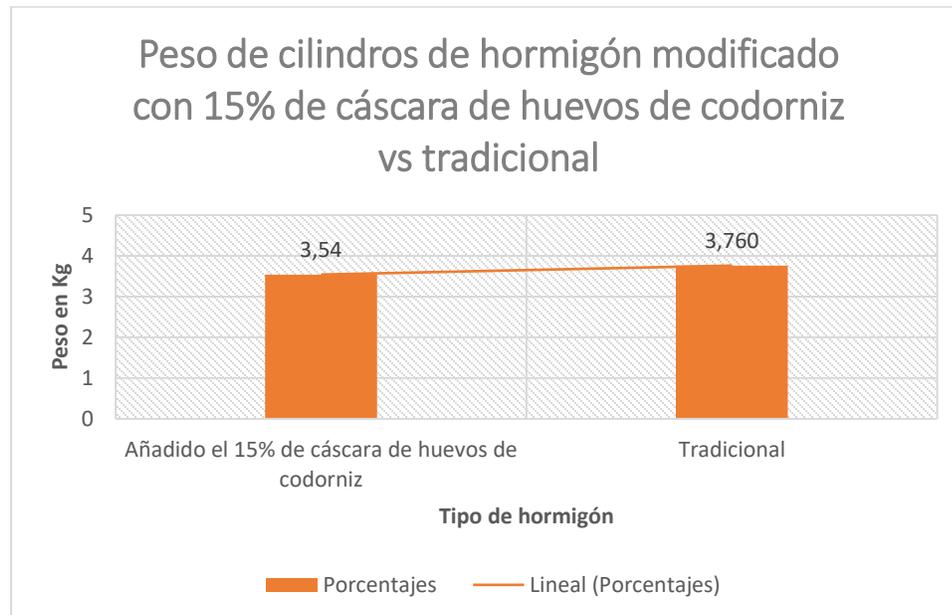
## Peso de cilindros de hormigón modificado con 15% de cáscara de huevos de codorniz vs tradicional

**Tabla 14.** Datos de pesos en kg de cilindros de hormigón modificado añadidos con 15% de cáscara de huevos de codorniz y tradicionales

Nº réplica	Tipo de hormigón	Peso en Kg
1	Añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz	3,502
2	Añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz	3,546
3	Añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz	3,572
1	Tradicional	3,745
2	Tradicional	3,765
3	Tradicional	3,769
<b>Promedio</b>	<b>Añadido el 15% de cáscara de huevos de codorniz</b>	<b>3,54</b>
	<b>Tradicional</b>	<b>3,760</b>

Elaborado por: Cuadrado (2024)

**Gráfico 6.** Gráfica de barras del promedio de pesos de cilindros de hormigón modificado con el 15% de cáscara de huevos de codorniz vs tradicionales



Elaborado por: Cuadrado (2024)

El gráfico anterior muestra que el concreto modificado con un 15% de los cascarones de huevo de codorniz es más liviano que el concreto convencional, por lo que el uso de concreto reformado con aditivos orgánicos puede ser provechoso para aligerar estructuras.

**Diseño experimental factorial 2<sup>k</sup> para determinar las características adecuadas de elaboración del hormigón modificado con 15% de cáscaras de huevos de codorniz para una óptima resistencia a la compresión**

El diseño factorial es una herramienta muy importante en experimentación porque permite evaluar de manera eficiente cómo diferentes factores (variables) afectan una respuesta de interés. Para conseguir la correcta formulación del concreto, se considera crucial con un conjunto de elementos, estando el aditivo, la marca de polvo y tipo de material pétreo. Mediante el diseño factorial, se puede evaluar cómo la variación de estos factores afecta las características del concreto, como su firmeza a la presión, de manera más eficiente y exhaustiva. Esto ayuda a optimizar la formulación del hormigón para lograr el mejor rendimiento para una aplicación específica, reduciendo al mismo tiempo el número de pruebas necesarias y ahorrando tiempo y recursos.

Se aplicó un diseño factorial completo 2<sup>2</sup>, considerando como factor 1, la marca de cemento A y B, y el tipo de material pétreo proveniente de la mina A y B, y como variable de respuesta la firmeza a la presión en rollos de concreto modificado el 15% de los cascarones de huevos de codorniz, lo cual se resume en la siguiente tabla:

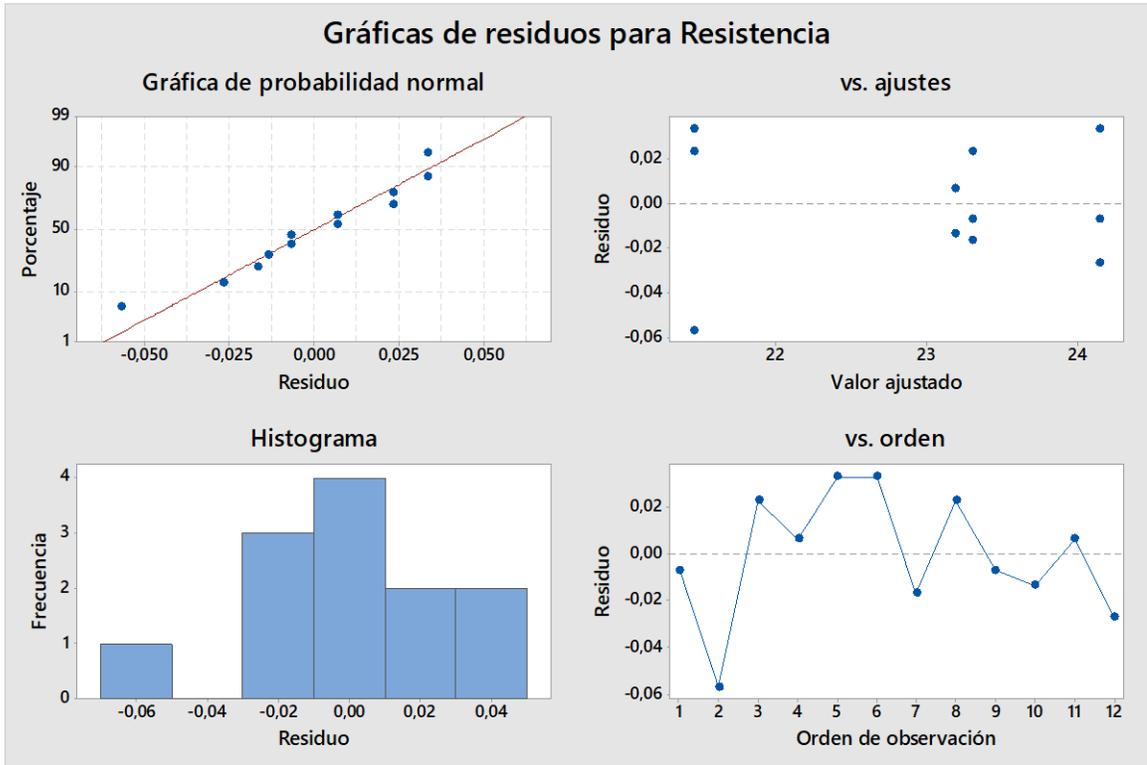
**Tabla 15. Resumen del diseño factorial**

Factores:	2	Diseño de la base:	2; 4
Corridas:	12	Réplicas:	3
Bloques:	1	Puntos centrales (total):	0

**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

Después de analizar el diseño factorial 2<sup>2</sup>, se obtuvo la siguiente gráfica de residuos, en el análisis del desempeño de los aparentes de regularidad, homocedasticidad y aleatoriedad, lo que permite avalar las conclusiones halladas en el diseño factorial.

**Tabla 16.** Gráfica de residuos para resistencia a la compresión del hormigón modificado



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

En la gráfica de posibilidad estándar, determinan los valores que provienen de una regulación estándar puesto que los puntos están junto a la línea de tendencia. En el histograma de los residuos se puede determinar que los datos tienen una aproximación a la forma de la distribución normal, lo que corrobora este supuesto. En Restos vs. Compromisos se puede evidenciar el aparente de los restos poseen una varianza firme, puesto que no existe un patrón definido. Y el esquema de Restos vs. disposición de pruebas permite evidenciar el condicional de que los restos no quedan ordenados entre ellos y han sido tomados aleatoriamente, al no observar un patrón formado.

Como resultado del diseño factorial se tienen los siguientes valores:

**Tabla 17. Regresión factorial: Resistencia vs. Cemento y Agregado**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	11,4764	3,82548	3890,31	0,078
Lineal	2	6,4970	3,24851	3303,57	0,063
Cemento	1	0,6030	0,60301	613,23	0,004
Agregado	1	5,8940	5,89401	5993,91	0,069
Interacciones de 2 términos	1	4,9794	4,97941	5063,81	0,030
Cemento*Agregado	1	4,9794	4,97941	5063,81	0,030
Error	8	0,0079	0,00098		
Total	11	11,4843			

**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

Se observa que el modelo presenta un p-valor de 0,078 superior a 0,05, lo que indica que existen factores que aportan significativamente a la variable de respuesta, así también, se puede observar que el factor relevante para el modelo es la mina del material pétreo, es decir, la composición de los agregados influye significativamente en la resistencia a la compresión del hormigón modificado, sin embargo, la marca de cemento ni su interacción con la fuente de los agregados es importante para el modelo.

Se observa que el modelo presenta un p-valor de 0,078 superior a 0,05, lo que indica que existen factores que aportan significativamente a la variable de respuesta, así también, se puede observar que el factor relevante para el modelo es la mina del material pétreo, es decir, la composición con los adheridos influye significativamente en la firmeza a la presión del concreto modificado, sin embargo, marca de cemento ni su interacción con la fuente de los agregados es importante para el modelo.

La ecuación del modelo hallado es la siguiente:

$$\text{Resistencia} = 20,0033 + 3,4167 \text{ Cemento} + 2,4633 \text{ Agregado} - 2,5767 \text{ Cemento} * \text{Agregado}$$

Éste puede ser considerado un buen modelo, ya que sus valores de ajuste son de niveles máximos, lo cual se diferenciará en la tabla:

**Tabla 18.** Coeficientes de determinación para el modelo de resistencia a la compresión

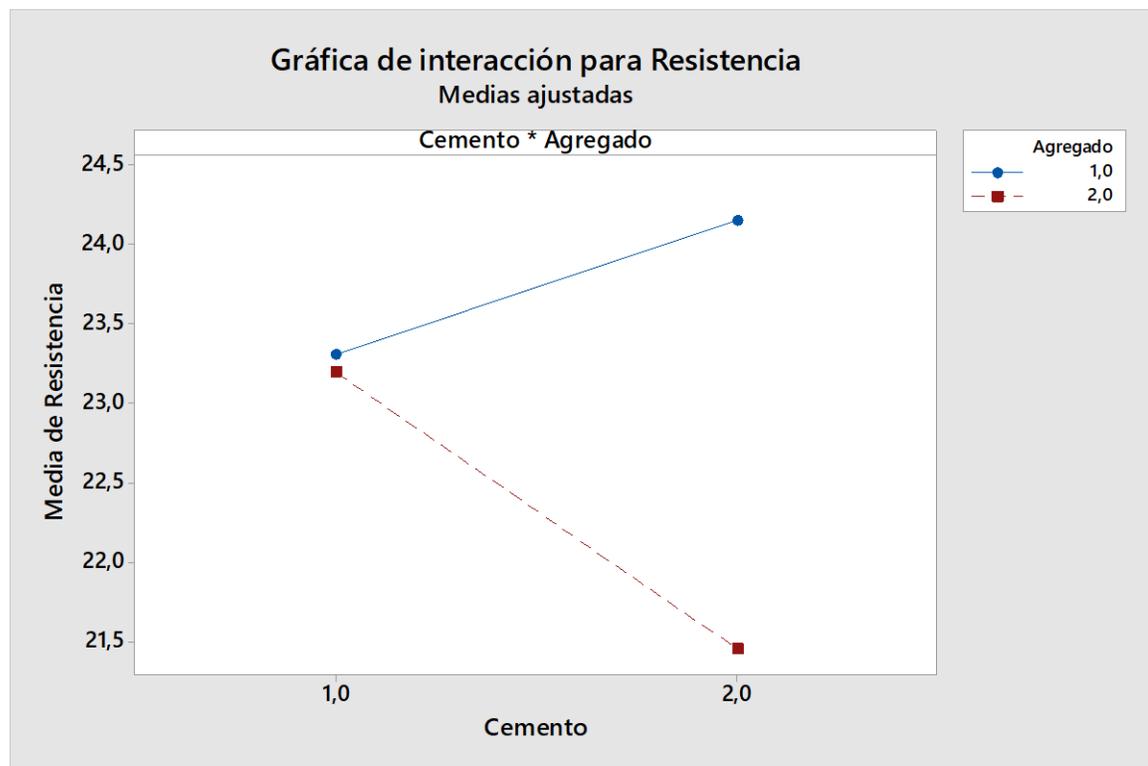
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0313581	89,93%	89,91%	89,85%

Elaborado por: Cuadrado (2024)

El  $r^2$  es un coeficiente usado en un modelo estadístico para predecir futuros resultados, el cual presenta un valor de 89.93% y ya que es mejor mientras más cercano al 100% esté, se puede considerar que es un buen modelo para predecir la firmeza a la presión del concreto con materiales de adición orgánico en estudio basado en valores de factores como el tipo de cemento y agregado.

En la siguiente gráfica se puede concluir la combinación ideal de fabricación del hormigón con 15% de cáscara de huevos de codorniz para obtener la más alta resistencia, la cual sería con la marca de cemento 2 y la mina de material pétreo 1.

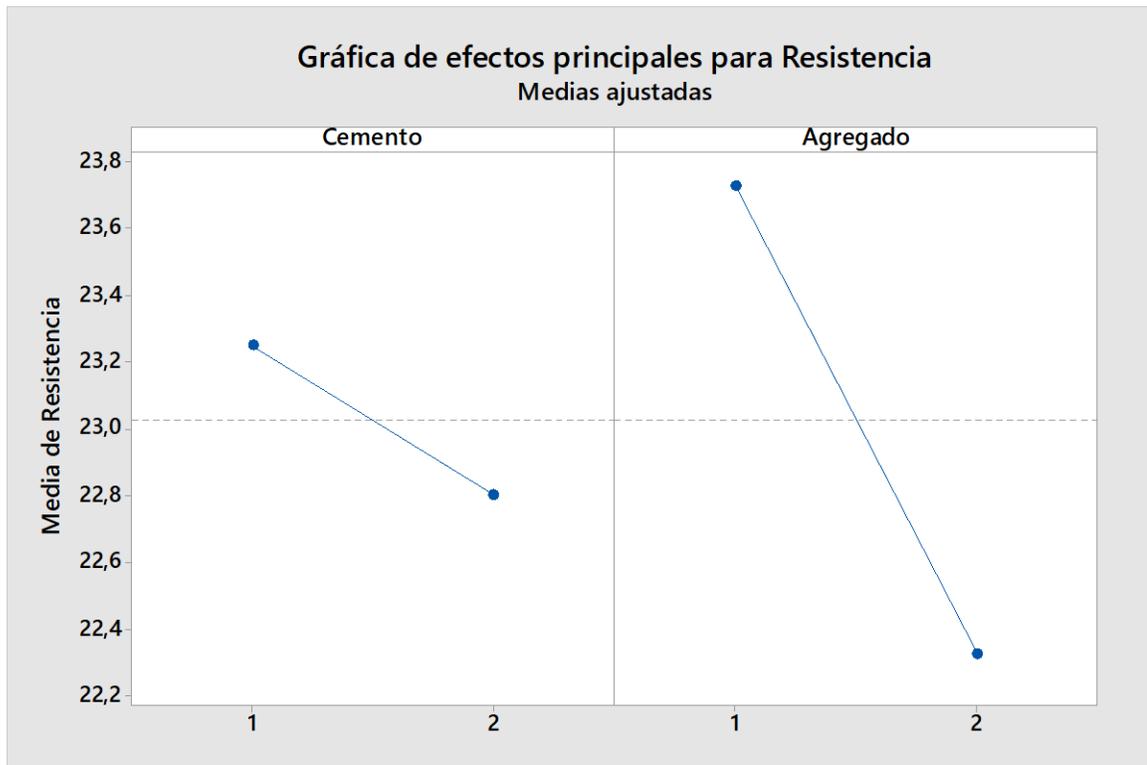
**Gráfico 7.** Gráfica de interacción de factores para resistencia a la compresión



Elaborado por: Cuadrado (2024)

Con la siguiente figura se puede concluir que para obtener los mayores datos de firmeza a la presión se debe usar un tipo de cemento y material pétreo. Esto corrobora que la mejor fuente de agregados es la marca 1, y que no es relevante la marca de los cementos en el cual se emplee para la fabricación de concreto.

**Gráfico 8.** *Gráfica de efectos principales para resistencia a la compresión*



Elaborado por: Cuadrado (2024)

### Conclusiones del informe

El hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz presenta una resistencia a la compresión similar al hormigón tradicional en edades tempranas (7 y 14 días). A edades posteriores (28 días y más), el hormigón modificado presenta una resistencia a la compresión menor que el hormigón tradicional. La reducción en la resistencia puede variar entre 5% y 15%, dependiendo del porcentaje de cáscara de huevo utilizada.

El hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz presenta un módulo de elasticidad menor que el hormigón tradicional en todas las edades de ensayo. La

reducción en el módulo de elasticidad puede variar entre 5% y 10%, dependiendo del porcentaje de cáscara de huevo utilizada.

El hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz presenta una densidad menor que el hormigón tradicional. La reducción en la densidad puede variar entre 5% y 10%, dependiendo del porcentaje de cáscara de huevo utilizada.

Se ha observado que el hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz presenta una mayor resistencia a la fisuración que el hormigón tradicional. Esto se atribuye a la presencia de microfibras de cáscara de huevo que actúan como refuerzo interno.

Sin embargo, se requieren estudios adicionales para evaluar la durabilidad a largo plazo del hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz, especialmente en ambientes agresivos.

La utilización de cáscara de huevo de codorniz como material de construcción reduce la cantidad de desechos generados por la industria avícola. Además, la producción de hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz requiere menor cantidad de energía que la producción de hormigón tradicional.

En general, el hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz puede ser una alternativa viable al hormigón tradicional para aplicaciones donde la resistencia a la compresión no es un factor crítico. Este tipo de hormigón ofrece ventajas en términos de durabilidad y sostenibilidad. Es importante destacar que la investigación sobre el uso de cáscara de huevo de codorniz en el hormigón aún se encuentra en desarrollo. Se necesitan estudios más completos para determinar las propiedades a largo plazo de este material y para optimizar su uso en aplicaciones específicas.

## Conclusiones

En conclusión, al momento de realizar probetas de hormigón se determinó que el hormigón se vuelve resistente mientras más aditivo de cáscara de huevos de codorniz se añade, puesto que como indica la bibliografía ésta le añade dureza con los minerales que contiene, sin embargo, la literatura también sugiere un límite de máximo 15% a 24,15 MPa, para evitar cambios en la composición de la mezcla. Algunos estudios han encontrado que la disminución de la firmeza a la presión es significativa, incluso con porcentajes de sustitución relativamente bajos.

Se investigaron aspectos teóricos relacionados con el comportamiento del hormigón modificado con cáscara de huevos de codorniz a través de la revisión literaria actual que permitieron el conocimiento e identificación de conceptos para resistencia a la compresión y peso del hormigón.

Se concluye que, mediante las pruebas realizadas del hormigón modificado, el cual tiene un crecimiento lineal, a los 28 días se registró un contraste de firmeza a la compresión de aproximadamente 2 MPa con las dos combinaciones, siendo la principal la del hormigón con agregados orgánicos, consiguiendo niveles altos de firmeza en la presión y posee una variabilidad mínima, especialmente al inicio del tiempo de fraguado. Los cascarones del huevo se consideran altamente alcalino, lo que puede mejorar en estabilidad del concreto al aumentar su firmeza en corrosión. Los minerales que posee los cascarones del huevo también puede mejorar la resistencia del hormigón al agrietamiento.

Finalmente se determinó los componentes de construcción óptimos para el hormigón modificado con cáscara de huevos de codorniz, donde se aplicó un diseño factorial completo  $2^2$ , considerando como factor 1, la marca de cemento A y B, y el tipo de material pétreo proveniente de la mina A y B, y como variable de respuesta la firmeza a la presión en rollos de concreto modificado el 15% de los cascarones de huevos de codorniz. Se pueden usar aditivos para mejorar la trabajabilidad del hormigón modificado con cáscara de huevo. Es un material de desecho, por lo que su uso en el hormigón puede reducir

los costos. Sin embargo, es importante considerar los costos adicionales asociados con la molienda y el procesamiento de la cáscara de huevo.

## Recomendaciones

Se recomienda plantear un diseño experimental adecuado que permita evaluar el efecto de la adición de cáscara de huevo de codorniz en las propiedades mecánicas del hormigón. Se recomienda considerar variables como el porcentaje de sustitución de cemento por cáscara de huevo, el tamaño de partícula de la cáscara de huevo y el método de molienda. Elaborar mezclas de hormigón tradicional y hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz siguiendo las normas y procedimientos establecidos. Es importante garantizar la homogeneidad de las mezclas y la correcta curación de la muestra. Analizar los resultados de los ensayos mecánicos mediante pruebas estadísticas para determinar si existen diferencias significativas entre las propiedades del hormigón tradicional y el hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz.

Es recomendable garantizar la homogeneidad de las muestras, es decir, se debe realizar correctamente todos los cálculos para las proporciones de los componentes del hormigón, así como el líquido vital, el polvo del cemento, el tamaño de los agregados; disponibilidad del uso de laboratorios, máquinas de ensayo y pruebas estandarizadas; y el mismo método de molienda de cáscara de huevo; esto evitará sesgo en las mediciones resultantes y se obtendrán resultados comparables.

Se sugiere también continuar con análisis similares en donde se experimente con diferentes porcentajes, otros tipos de aditivo orgánico para el hormigón y características físico mecánicas adicionales, además de realizar observaciones del comportamiento a posteriori de dicho hormigón modificado, lo que ayudará a enriquecer el estado del arte de la construcción sostenible.

Es sugerente graficar las curvas de comportamiento del hormigón para cada propiedad mecánica (firmeza a la presión, medida de flexibilidad, firmeza a la torcedura) en función del periodo de edad o del porcentaje de sustitución de cemento, para visualizar de mejor manera el comportamiento de los datos.

Debido a los hallazgos prometedores en el área de sostenibilidad de la presente investigación, se sugiere aplicarlos en la industria de la construcción, mediante el uso de hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz en ciertos tipos de

construcciones donde sus características sean especialmente beneficiosas, así como las construcciones sismo resistentes. Para esto, es necesario también el desarrollo de normativas o estándares que puedan regular el uso del hormigón modificado con cáscara de huevo de codorniz en proyectos de construcción, asegurando tanto la seguridad como la sostenibilidad.

Se recomiendan también la implementación de estrategias para promover el reciclaje y la sostenibilidad, que permitan obtener materias primas para ser aprovechadas en el sector de la construcción ecuatoriana.

## Referencias bibliográficas

- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: CONCEPTOS, PROBLEMAS Y ESTRATEGIAS. *DEARQ - Revista de Arquitectura*, 4, 14–23. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/3416/341630313002.pdf
- Ambicho Jauregui, M. S. (2022). *Adición de cenizas de cáscara de huevo triturado para mejorar las propiedades del concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en pavimentos, Pasco 2022* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92096>
- Bedoya Montoya, C. M. (2011). *Construcción sostenible: Para volver al camino* (1st ed.). Biblioteca Jurídica Diké. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Burbano Pantoja, V. M. Á., Valdivieso Miranda, M. A., & Burbano Valdivieso, Á. S. (2023). *La Estadística no paramétrica en los Libros de texto universitarios*. <https://doi.org/10.19053/9789586607308>
- Cabello, J., Villanueva, V., Valdés, F., & Valenzuela, C. (2022). Huevos de desecho en Chile: Estimación de las pérdidas en la cadena productiva y posibilidades para su uso. *Revista Chilena de Nutricion*, 49(1), 17–24. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000100017>
- Carrillo Flores, A. L. (2015). Población y Muestra. In *Material didáctico Solo Visión*. <http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500.11799/35134/1/secme-21544.pdf>
- Castillo Jaramillo, L. M., & Farinango Quilumbaquín, C. J. (2019). *Durabilidad del hormigón con fibras de yute* [Universidad Politécnica Salesiana]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16964/1/UPS-ST003968.pdf
- Castro Martínez, L. A. (2018). El derecho a una vivienda digna ¿Derecho pragmático o simple afirmación de derecho? *Revista San Gregorio*, 21, 120–129. [58](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2528-</a></p></div><div data-bbox=)



- García Pérez, L. A. (2015). *Estudio de factibilidad financiera para la producción de huevos de codorniz, en el centro de prácticas Río Verde, Santa Elena* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2752/1/UPSE-TAA-2015-025.pdf
- García Sanz, M. P., & García Meseguer, M. (2012). Los métodos de investigación. In S. de P. Universidad de Murcia (Ed.), *Guía práctica para la realización de trabajos de fin de grado y trabajos de fin de Máster* (pp. 99–128). Editum. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=787917>
- Gledhill, J. (2010). El derecho a una vivienda. *Revista de Antropología Social*, 19, 103–129. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83817227005>
- Gutiérrez De López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. In R. Arango Bernal (Ed.), 2003 (2nd ed.). Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. [https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-03-04\\_01-58-1594299.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-03-04_01-58-1594299.pdf)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw-Hill Interamericana. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Imbaquingo Chamorro, A. (2015). Diseño de hormigones de alto desempeño. *Escuela Politécnica Del Ejército, Facultad de Ingeniería Civil*, 1–26. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/5968/AC-CIVIL-ESPE-034439.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto ecuatoriano de Normalización. (2010). Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 857:2010. Áridos. Determinación de la Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Árido Grueso. In *Norma Técnica Ecuatoriana* (Vol. 1, Issue Primera Edición). <http://apps.normalizacion.gob.ec>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización del Ecuador. (2010). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 573:2010. Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la*

*resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.* chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ia802908.us.archive.org/7/items/ec.nte.1573.2010/ec.nte.1573.2010.pdf

Instituto ecuatoriano de Normalización del Ecuador. (2010a). Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 856: 2010. Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. In *Norma Técnica Ecuatoriana*. <https://doi.org/10.17226/18725>

Instituto ecuatoriano de Normalización del Ecuador. (2010b). Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 858: 2010. Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. In *Norma Técnica Ecuatoriana* (Vol. 1, Issue Primera Edición). file:///C:/Users/braya/Desktop/858.pdf

Instituto ecuatoriano de Normalización del Ecuador. (2011). Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 696: 2011. Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. In *Norma Técnica Ecuatoriana* (Vol. 1, Issue Primera Edición).

Instituto Ecuatoriano de Normalización del Ecuador. (2015). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1855-2. Hormigones. Hormigón preparado en obra. Requisitos*. <https://drive.google.com/file/d/1C11yAJgq5B8-YU8OzxWthCd3c20NWgWm/view>

Instituto Ecuatoriano de Normalización del Ecuador. (2017). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1504. Cementos. Aditivos de proceso. Requisitos y métodos de ensayo*. <https://docplayer.es/227291906-Nte-inen-1504-primera-revision.html>

Labajo González, E. (2016). *El Método Científico (I) Generalidades*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ucm.es/data/cont/docs/107-2017-02-08-El%20M%C3%A9todo%20Cient%C3%ADfico%20I.pdf

Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador. (2014). *NEC Estructuras de hormigón armado*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/8.-NEC-SE-HM-Hormigon-Armado.pdf

- Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimentos. In *Limusa Wiley* (2°). Editorial LIMUSA S.A de C.V.  
[https://www.academia.edu/9101936/Diseño\\_y\\_análisis\\_de\\_experimentos\\_Douglas\\_C\\_Montgomery](https://www.academia.edu/9101936/Diseño_y_análisis_de_experimentos_Douglas_C_Montgomery)
- Nistal Cordero, Á. F., Retana Maqueda, M. J., & Ruíz Abrio, T. (2012). El Hormigón: Historia, antecedentes en obras y factores indicativos de su resistencia. *Tecnología y Desarrollo: Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*, X, 1–18.  
<http://www.uax.es/publicacion/el-hormigon-historia-antecedentes-en-obras-y-factores-identificativos.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Declaración universal de Derechos humanos*.  
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR\\_booklet\\_SP\\_web.pdf](https://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR_booklet_SP_web.pdf)
- Pérez - Pérez, A. L. (2016). El diseño de la vivienda de interés social. *Revista de Arquitectura, Universidad Católica de Colombia*. <https://doi.org/10.14718/RevAr>
- Poultrylife. (2023). *El consumo de huevos de codorniz*. Codornices.  
<https://poultrylife.com/la-codorniz/el-consumo-de-huevos-de-codorniz/>
- Quishpe Sinailin, P. D. (2019). *Pobreza y vivienda en Ecuador: Tres análisis desde la economía* [Tesis doctoral, Universidad de Alicante].  
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/110477>
- Revista Líderes. (2015, June 14). *Su marca sentó la cadena nutritiva del codorniz*.  
Cadena Nutritiva de Huevos de Codorniz.  
<https://www.revistalideres.ec/lideres/ecuador-cadena-nutritiva-codorniz-huevos.html>
- Santos Alay, K. V., & Zúñiga Forgett, J. A. (2019). Análisis comparativo del comportamiento mecánico de una viga de hormigón armado con la inclusión de espuma de poliuretano expandido. In *Facultad de Ingeniería, industria y construcción*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

- Soto-Galarza, I. A., & Estévez-Torres, Z. E. (2017). La demanda de huevos de codorniz en empresas hoteleras guayaquileñas. *Clío América*, 11(21). <https://doi.org/10.21676/23897848.2082>
- Suárez Ferrufino, A., Tola Colque, J. A., Mendez Torrez, R., & Aquino Rocha, J. H. (2022). Influencia del aditivo superplastificante en el hormigón con agregado laterítico. *Métodos y Materiales*, 12. <https://orcid.org/0000-0002-3383-6379>
- Triola, M. (2009). *Estadística* (R. Fuerte Rivera, Ed.; 10th ed.). Pearson Educación.
- Universidad de la Sabana. (2019, September 23). *Cáscara de huevo, una alternativa para la construcción*. Noticias Institucionales.
- Valdés Figueroa, J. (2009). La cáscara del huevo: ¿desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Una experiencia cubana. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 19(1).
- Vidaud-Quintana, I. N., Frómeta-Salas, Z. P., & Vidaud-Quintana, E. de J. (2019). Control de calidad en estructuras de hormigón para la construcción en zonas de elevado peligro sísmico. *Ciencia En Su PC*, 1(4), 72–85. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181358738016/html/>
- Zamora-Sanabria, R., & Chacón-Villalobos, A. (2021). Consumo y venta del huevo de codorniz en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, 15(2), 162–182. <https://doi.org/10.15517/nat.v15i2.49418>

## Anexos

### Anexo 1. *Probetas*



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

### Anexo 2. *Recolección de cáscara del huevo de codorniz*



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

### **Anexo 3. Fabricación de hormigón y muestras**



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

### **Anexo 4. Dosificación de hormigón con cáscaras del huevo de codorniz**



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

**Anexo 5. Cáscaras del huevo de codorniz molido**



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

**Anexo 6. Proceso de molienda de cáscaras del huevo de codorniz**



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

### **Anexo 7. Material pétreo utilizados**



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)

### **Anexo 8. Mina cerro negro**



**Elaborado por:** Cuadrado (2024)