



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

PROPUESTA DE MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 210 KG/CM² DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE CASCARA DE HUEVO. CASOS DE ESTUDIO EN PERU

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Bach. Jesus Miguel Bances Elera

Asesor:

Ing. Mag. Saulo Gallo Portocarrero

Lima - Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios

Por brindarme la dicha de poder haber llegado hasta este momento, por ser la luz que alumbra mi camino y por darme ese ánimo y esas fuerzas que necesitaba para superar obstáculos.

A mi madre Teresa Elera Olano

Por todo el sacrificio que hizo para poder lograr este objetivo, por sus consejos y ánimos cuando más los necesitaba, por la motivación que me brinda siempre y sobre todo por su amor incondicional.

A mi padre Guillermo Bances Ulloque

Por todo su ejemplo de lucha ante las adversidades, por su sacrificio que día a día logra motivarme, por sus consejos y ánimos en cada momento y sobre todo por su amor incondicional.

A mi hermano Oscar

Por su apoyo constante y consejos a lo largo de mi vida universitaria

A mis amigos de la Universidad

Por todos los buenos y gratos momentos que pasamos juntos desde que nos conocimos en la universidad y que hasta ahora seguimos manteniendo esa amistad.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecerá Dios porque sin su ayuda no hubiese sido posible lograr este objetivo.

Al Mag. Ing. Saulo Gallo Portocarrero, asesor de tesis, por su colaboración, sus recomendaciones y enseñanzas para el desarrollo de la presente tesis.

Al Ing. Kevin Manturano Chipana, coordinador de carrera, por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida universitaria.

A la Universidad Privada del Norte, por brindarme las herramientas necesarias para el correcto desarrollo del presente trabajo y a todos los profesores que me brindaron sus conocimientos para desarrollarme como un buen profesional.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	25
CAPÍTULO III. RESULTADOS	43
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	4949
REFERENCIAS	56
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N°1. Datos obtenidos de la primera tesis a evaluar.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla N°2. Datos obtenidos de la segunda tesis a evaluar.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla N°3. Datos obtenidos de la tercera tesis a evaluar.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla N°4. Cuadro comparativo por edad, a 7 días.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla N°5. Cuadro comparativo por edad, a 14 días.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla N°6. Cuadro comparativo por edad, a 21 días.....</i>	<i>39</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Producción de consumo de huevo de gallina en el Perú – Año 2018-2019.....	23
Figura N°2. Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y cenizas de eucalipto sustituyendo el 0%, 10% y 16% a los 7 días.....	34
Figura N°3. Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo sustituyendo el 0%, 15% y 20% a los 7 días.....	34
Figura N°4. Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y arcilla sustituyendo el 0%, 12% y 20% a los 7 días.....	35
Figura N°5. Se observa la variación de las resistencias del concreto de las 3 mezclas a los 7 días.....	35
Figura N°6. Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y cenizas de eucalipto sustituyendo el 0%, 10% y 16% a los 14 días.....	37
Figura N°7. Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo sustituyendo el 0%, 15% y 20% a los 14 días.....	37
Figura N°8. Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y arcilla sustituyendo el 0%, 12% y 20% a los 14 días.....	38
Figura N°9. Se observa la variación de las resistencias del concreto de las 3 mezclas a los 14 días.....	38
Figura N°10. Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y cenizas de eucalipto sustituyendo el 0%, 10% y 16% a los 28 días.....	40
Figura N°11. Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo sustituyendo el 0%, 15% y 20% a los 14 días.....	40
Figura N°12. Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y arcilla sustituyendo el 0%, 12% y 20% a los 14 días.....	41
Figura N°13. Se observa la variación de las resistencias del concreto de las 3 mezclas a los 14 días.....	41

Figura N°14. Línea de tendencia del concreto patrón y con cáscara de huevo
.....43

Figura N°15. Línea de tendencia del concreto con cáscara de huevo y eucalipto
.....45

Figura N°16. Línea de tendencia del concreto con cáscara de huevo y arcilla
.....47

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación N°1. Determinar la $f'c$ para un diseño patrón de 210 kg/cm².....</i>	44
<i>Ecuación N°2. Determinar la $f'c$ para un diseño patrón de 210 kg/cm² sustituyendo un 15% por cáscara de huevo.....</i>	44
<i>Ecuación N°3. Determinar la $f'c$ para un diseño patrón de 210 kg/cm² sustituyendo un 20% por cáscara de huevo.....</i>	45
<i>Ecuación N°4. Determinar la $f'c$ para un diseño patrón de 210 kg/cm² sustituyendo un 10% por cáscara de huevo y cenizas de eucalipto</i>	46
<i>Ecuación N°5. Determinar la $f'c$ para un diseño patrón de 210 kg/cm² sustituyendo un 16% por cáscara de huevo y cenizas de eucalipto</i>	46
<i>Ecuación N°6. Determinar la $f'c$ para un diseño patrón de 210 kg/cm² sustituyendo un 12% por cáscara de huevo y arcilla</i>	47
<i>Ecuación N°7. Determinar la $f'c$ para un diseño patrón de 210 kg/cm² sustituyendo un 20% por cáscara de huevo y arcilla</i>	48

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se desarrolló modelos matemáticos que estimen la resistencia a compresión del concreto con mezclas de cáscara de huevo, cáscara de huevo con eucalipto y cáscara de huevo con arcilla con cantidades de entre 10%, 12%, 16% y 20% para las edades de 7,14 y 28 días.

En la presente investigación se concluye que la combinación de la cáscara de huevo con cenizas de eucalipto alcanza su máxima resistencia a los 28 días con un porcentaje de sustitución en el concreto de 20%. En la combinación de la cáscara de huevo con arcilla alcanza su máxima resistencia a los 28 días con un porcentaje de sustitución en el concreto de 6%.

Además, se recomienda sustituir un 10% de cáscara de huevo con cenizas de eucalipto (relación de 3:1 de la cáscara de huevo y cenizas de eucalipto respectivamente) por el cemento en el concreto, si se requiere obtener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² en 28 días.

También, se recomienda sustituir un 14% de cáscara de huevo con arcilla (relación de 3:1 de la cáscara de huevo y arcilla respectivamente) por el cemento en el concreto, si se requiere obtener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² en 28 días.

Palabras clave: Modelo matemático, cáscara de huevo, resistencia a la compresión.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La modelación matemática en la formación de un ingeniero, se ha reconocido como un aspecto fundamental, puesto que se considera un área del conocimiento que prepara al estudiante a desempeñarse tanto académicamente como laboralmente, es así como la modelación matemática para el futuro ingeniero, es una herramienta mediante la cual, éste construye una realidad a través de modelos matemáticos, constituyéndose de un componente relevante que le permite solucionar problemas de la vida real, además de que pueda responder a los requerimientos de hoy en día, de tener un saber específico y aplicarlo a un contexto, generando así una articulación entre el saber matemático y el saber propio de la ingeniería para que pueda responder a las exigencias actuales de su campo laboral. (Rendón & Esteban, 2013)

Dos problemas que han motivado a que la matemática desarrolle modelos matemáticos en interacción con la inteligencia artificial y otras disciplinas han sido la complejidad y la incertidumbre. Comprender y entender los procesos del mundo real a partir de la interacción entre múltiples componentes y predecir lo que puede pasar es una poderosa motivación para el desarrollo del conocimiento en la sociedad contemporánea. En este proceso, la matemática incorpora tanto los desarrollos algebraicos como la representación gráfica: por ejemplo, los desarrollos de la teoría de grafos se unen a los de la teoría de la probabilidad para el desarrollo de algoritmos eficientes, de propósito general (Jordan, 1999).

El desarrollo de nuevos materiales de construcción es un problema que cobra cada vez más fuerza en la mayoría de los países del mundo, convirtiéndose en algo vital, sobre todo para los países subdesarrollados. El efecto ecológico negativo que provoca la producción de materiales de construcción, para la cual se consumen cuantiosos y comúnmente irrecuperables recursos energéticos y de otros tipos, ha llevado a la búsqueda de nuevas fuentes, siendo los residuos industriales y agrícolas objetos de investigación creciente en muchos lugares. El auge en la demanda de edificaciones, propio del incremento de las inversiones y del crecimiento demográfico, unido a las deficiencias energéticas que se han venido produciendo a nivel mundial, han provocado un alza sostenida en los precios de los materiales de construcción tradicionales, siendo éste el otro motivo por el que muchos investigadores se han dado la tarea de desarrollar lo que se llaman “materiales alternativos”, como una solución a la pérdida de acceso, de las personas de bajos recursos, a los materiales de construcción tradicionales. (Águila, 2001).

Las actividades agroindustriales generan una grande cantidad de residuos, los cuales, aún no son explotados de forma racional. Generalmente los residuos agroindustriales son desechados en la naturaleza sin control o simplemente son quemados al aire libre, contribuyendo para la degradación ambiental. Resultante del procesamiento del huevo, la cáscara es un tipo de residuo que presenta un grande potencial para aplicación en la construcción, sobre todo por constituirse principalmente de carbonato de calcio. (Ludovico & Hideo, 2014).

Con la necesidad de obtener materiales de construcción que sean conscientes con la explotación excesiva de minerales, se pretende la creación de un aditivo basado en la cáscara de huevo (CH), estudiando el procesamiento y caracterización química del mismo, que se reemplazará en un porcentaje del cemento. Con la evaluación de los componentes del cemento y

la CH cruda y calcinada, mediante una Pistola de Eflorescencia de Rayos X; los resultados obtenidos determinaron la presencia de Óxido de Calcio (CaO); con estos datos se establece la diferencia entre el cemento que posee un gran porcentaje de CaCO₃ y la CH que es un conglomerante de cal viva, capaz de unir varios materiales y dar cohesión al mortero. (Reibán, 2017).

1.2. Antecedentes

1.2.1. “Determinación de modelos matemáticos para estimar la resistencia a la compresión f'_c del concreto en función de sus frecuencias de curado”

En esta investigación Quispe & Alvarez (2018) estudiaron modelos matemáticos de carácter científico empírico, a través de los cuales es posible estimar la influencia de la frecuencia del curado en la resistencia a la compresión del concreto. Se elaboraron cuatro tandas (36 para $f'_c=210$ y 280 kg/cm² y 3 para $f'_c=140$ y 175 kg/cm²) de probetas de concreto (formas cilíndricas con dimensiones 0.15 x 0.30m), de distintas resistencias a la compresión de diseño ($f'_c = 140, 175, 210$ y 280 kg/cm²). Para posteriormente a los 28 días realizar la ruptura inmediata de estos especímenes y determinar su resistencia a la compresión alcanzada, y a partir de estos resultados se construyeron las curvas de resistencia a la compresión del concreto versus sus frecuencias de curado, a través de las cuales, mediante el uso de métodos matemáticos (regresión polinomial simple), obtenemos la curva de mejor ajuste del comportamiento del concreto en función de sus frecuencias de curado, posteriormente se determina la ecuación que definió el comportamiento del concreto plasmados en sus ábacos correspondientes. Concluyendo

con la obtención de una guía de valor científico empírico, como son las ecuaciones y los ábacos de estimación referencial de la resistencia a la compresión del concreto que puede alcanzar este, al ser sometido a una frecuencia de curado determinada, capaz de ser aplicable por profesionales de la construcción como por personal técnico.

1.2.2. “Análisis comparativo de las propiedades físicas – mecánicas del concreto de resistencias $f'_c=210, 280, 350$ kg/cm² sustituyendo material cementicio por cáscara de huevo”

En esta investigación Castro & Alfaro (2019) concluyó que el concreto experimental sustituyendo material cementicio por cascara de huevo, alcanzo su resistencia de diseño a la edad de 7 días, lo cual indica que la sustitución actúa como un acelerador de resistencia a edades tempranas. El porcentaje de sustitución que obtuvo mejor resultado es de 15% y 20% de adición. De lo cual concluimos que la cascara de huevo es un remplazante efectivo del cemento.

1.2.3. “Análisis del estado plástico y endurecido del concreto usando aditivo superplastificante y la cascara de huevo molido en concretos con hormigón”

En esta investigación Alvarado (2019) dice que en cada una de las mezclas (patrón y experimental) se efectuaron ensayos en el estado plástico de las muestras como (asentamiento, peso unitario del concreto y el tiempo de fragua); para el estado endurecido se estudió mediante los ensayos de resistencia a compresión para las edades de 1,3, 7,14, 28 y 45 días, resistencia a flexión en la edad de 28 días y resistencia a compresión de los corazones diamantinos que se extrajo de veintiuno losas en la edad de 28 días. Partiendo de los resultados se concluye que la

cáscara de huevo molido y el aditivo superplastificante ocasionan lo siguiente: aumenta la trabajabilidad del concreto, retrasa brevemente el tiempo de fraguado, en la resistencia a la compresión, para los concretos experimentales, a la edad 7 días ya va superando la resistencia del concreto patrón y actúa como un acelerante de resistencia a edades tempranas, El porcentaje que obtuvo mejor resultado es de 2.5% de cáscara de huevo molido y 1.5% aditivo superplastificante de adición.

1.2.4. “Resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo al cemento en 12% y 20% por la combinación de cáscara de huevo y arcilla”

En esta investigación Alvarado (2019) dice que se elaboraron probetas de concreto con $f'c=210$ kg/cm², en un número de 27 muestras: 9 del patrón, 9 experimentales al 12% (cáscara de huevo + arcilla) y 9 experimentales al 20% (cáscara de huevo + arcilla), y se realizaron las roturas a los 7, 14 y 28 días, analizando y comparando las Resistencias a la Compresión de las muestras patrón y experimentales. Lo que confirmó mediante los ensayos, que la resistencia a la compresión de las probetas experimentales al 12% y 20%, a los 7, 4 y 28 días siendo el 217.8 Kg/cm² (12%) respectivamente, encontrándose bastante cercano a la resistencia proporcionada por el concreto patrón que fue de 218.00 Kg/cm², mientras que la resistencia del 166.6 Kg/cm² (20%) está debajo del patrón experimental.

1.2.5. “Resistencia a compresión de un concreto $f'_c=210$ kg/cm² al sustituir al cemento en 4%, 6% y 8% por cáscara de huevo”.

En esta investigación Reyes (2019), dice que la ceniza de cáscara de huevo fue activado a 700°C y desarrollando altos contenidos de óxido de calcio, los resultados que se obtuvieron son favorables en cuanto a su trabajabilidad y resistencia del concreto con la sustitución de cenizas de cascara de huevo en comparación con el concreto patrón, que se obtuvieron resultados favorables con la sustitución del cemento por la ceniza de cascara de huevo con el 8% mejorando la resistencia y superando el concreto patrón.

1.2.6. “Resistencia a la compresión en adobe, estabilizado en 2% y 3% con cenizas de cáscara de huevo y cáscara de arroz”

En esta investigación León (2019) dice que los resultados fueron : a los 10 días de secado bajo sombra, los adobes experimentales 1 y 2 lograron alcanzar una resistencia promedio de 11.24 kg/cm² y 10.57 kg/cm², los cuales no superaron al promedio de la resistencia a la compresión del adobe patrón que alcanzo 13.61 kg/cm². A los 20 días de secado bajo sombra se aprecia una mejora en el crecimiento de la resistencia a la compresión de los adobes experimentales 1 y 2, los cuales alcanzaron una resistencia promedio de 13.50 kg/cm² y 13.35 kg/cm², apreciando una mayor homogeneidad en la variación de la resistencia a la compresión, ratificando que sus resistencias son más regulares entre ellas y obteniendo una mayor homogeneidad con relación al promedio de la resistencia de las unidades de adobe patrón que alcanzaron 15.77 kg/cm². Finalmente, a los 30 días de secado bajo sombra no se logra superar el promedio de resistencia a la compresión del adobe patrón el cual alcanzo 16.24 kg/cm², pero se puede apreciar que el

adobe experimental 2 alcanzo una resistencia promedio de 15.27 kg/cm², logrando sobrepasar al adobe experimental 1 el cual obtuvo una resistencia menor de 14.30 kg/cm²; esto deja establecido que, a mayor concentración de óxido de silicio, la resistencia que adquiere se desarrolla a mayor periodo de secado.

1.2.7. “Resistencia de adoquines de concreto $f'c=320$ kg/cm², sustituyendo el cemento en 15% y 30% por una combinación de cáscara de huevo y vidrio molido”

En esta investigación Jaimes (2018) realizó el diseño de mezcla del concreto por el método ACI, como también los ensayos correspondientes de todos los materiales del concreto, para luego elaborar 27 adoquines, 9 patrones, 9 adoquines experimentales con 15% de sustitución del cemento y 9 adoquines experimentales con 30% de sustitución del cemento, teniendo como instrumentos las fichas técnicas del laboratorio de Mecánica de suelos y ensayos de materiales usados en el proceso de los datos, mediante el programa Excel y analizados con tablas, gráficos, porcentajes, medias, varianzas, etc. Se realizaron las roturas de ensayo a compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, analizando y comparando las resistencias de las muestras patrón y las muestras experimentales. Se concluyó que la resistencia alcanzada a los 28 días del adoquín experimental sustituyendo el cemento en 15% por una combinación de cascara de huevo pulverizada y vidrio molido fue de 361.50 kg/cm², del mismo modo la sustitución del cemento en 30% alcanzó una resistencia de 325.18kg/cm², respecto al adoquín patrón sin sustituir que alcanzo una resistencia de 350.28 kg/cm².

1.2.8. “Resistencia de adoquines de concreto $f'_c=320$ kg/cm², sustituyendo el cemento en 10% por la combinación de ceniza de bagazo y cáscara de huevo”

En esta investigación Camones (2018) realizó el ensayo a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de curado, analizando y comparando las resistencias obtenidas de la muestra patrón y experimental, de los cuales se concluyó que la resistencia alcanzada del adoquín experimental sustituyendo al cemento en 10% por una combinación de ceniza de bagazo de cebada y cascara de huevo pulverizada fue de 353.93 kg/cm², respecto a un adoquín patrón sin sustituir que solo alcanzo 351.10 kg/cm², en ambos casos superaron el diseño elaborado (320 kg/cm²) obteniendo el concreto Patrón 9.72% más de la resistencia deseada y el concreto experimental obteniendo 10.60% más de la resistencia deseada.

1.2.9. “Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz”

En esta investigación Saldaña (2018) determinó que el 90.433% de Dióxido de Silicio (SiO₂) en la Ceniza de Cáscara Arroz (CCA) calcinada a 640° C y 91.875% de Oxido de Calcio (CaO) en el Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) calcinado a 900° C. Ambos materiales se combinaron para poder ser aprovechados como sustituto del cemento. Tal combinación está compuesta de 75% de PCH y 25% de CCA, encontrándose en ella 29.002% de SiO₂ y 66.401% de CaO. La profundidad de penetración promedio en el mortero patrón resultó en 7.95 mm, mientras que en el mortero experimental sustituyendo el cemento en 10% y 20% resultaron en 7.15 mm y 7.05 mm respectivamente. La resistencia a la compresión a los 28 días de edad, en el mortero patrón resultó en 385 kg/cm², y en el mortero experimental sustituyendo el cemento en 10% y 20%

resultaron en 388 kg/cm² y 403 kg/cm², superando al mortero patrón en 0.77% y 4.47% respectivamente.

1.2.10. “Resistencia de un concreto $f^c=210$ kg/cm² sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cáscara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto”

En esta investigación Matías (2018) determinó que la resistencia a la compresión de las probetas experimentales al 10% y 16%, a los 7,14 y 28 días son superiores a las de las probetas patrón convencionales, lo cual confirma la hipótesis de la investigación, a los 28 días la resistencia a la compresión de las probetas patrón alcanzaron un 101%, las experimentales al 10% un 102% y las experimentales al 16% un 111% de resistencia, mayor a la esperada, comprobando que al usar las sustituciones de Cenizas de Hoja de Eucalipto (CHE) y Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) de manera conjunta tienen una potenciación de sus propiedades y elevan la resistencia de las probetas de concreto $f^c=210$ kg/cm².

1.3. Justificación

La industria de la construcción es un sector bastante dinámico ya que constantemente se trata de buscar materiales o elementos con la finalidad de que aporten a la mejora de la calidad de los productos finales. Dentro de estos materiales podemos observar la gran cantidad de materiales orgánicos, residuales o reciclables los cuales pueden ser usados nuevamente después de su principal uso.

En nuestro país, desde hace un tiempo se está investigando acerca de nuevos materiales alternativos, los cuales algunos brindan resultados positivos para su uso en la construcción, es por ello que la presente tesis tiene la finalidad de difundir el uso de estos materiales y así mismo proporcionar modelos matemáticos los cuales puedan estimar la resistencia del concreto adicionado cáscara de huevo, por tal motivo se tratará de explicar el comportamiento de uno de estos materiales orgánicos la cual es: la cáscara de huevo; para que de tal forma se logre su posterior uso en la construcción, ya que es económico y además contiene un gran porcentaje de óxido de calcio (CaO), el cual es un componente fundamental para la formación de compuestos cementantes.

Así mismo los modelos matemáticos serán de gran utilidad ya que permitirán predecir la resistencia requerida en base a la edad de curado para las 3 combinaciones, estudiadas en la presente tesis, según el porcentaje a añadir de las mismas. Esto beneficiará en poder saber un estimado de las resistencias del concreto sin realizar el ensayo a compresión del concreto, ya que existen circunstancias en la cuales algunas obras no cuentan con la facilidad de acceder a un laboratorio, además también ayudará en la disminución de recursos por el uso de los laboratorios.

Desde el punto de vista ecológico, el uso de materiales orgánicos contribuye mucho al cuidado de nuestro ambiente debido a que minimiza el impacto ambiental ya que el sector cementero es uno de los mayores contaminantes del medio ambiente, siendo responsable de la generación de alrededor del 5% y 8% de la emisión total de CO₂ resultante de actividades humanas.

Definiciones Conceptuales

- **Modelo matemático**

Es una representación simplificada, a través de ecuaciones, funciones o fórmulas matemáticas, de un fenómeno o de la relación entre dos o más variables. Son utilizados para analizar la relación entre dos o más variables y también para entender fenómenos naturales, sociales, físicos, etc. Dependiendo del objetivo buscado y del diseño del mismo modelo pueden servir para predecir el valor de las variables en el futuro, hacer hipótesis, evaluar los efectos de una determinada política o actividad, entre otros objetivos.

- **Concreto**

El concreto es la mezcla de dos componentes: pasta, agregados. La pasta está compuesta del cemento Portland, agua y aire. Los agregados son materiales inertes como la arena, grava o piedra triturada. Los agregados se dividen en dos tamaños, fino o grueso. El fino es arena y el grueso es grava o piedra triturada. La calidad del concreto está directamente relacionada con la calidad de la pasta de cemento. A su vez, la calidad de la pasta está directamente relacionada con la cantidad de agua que se mezcla con cemento y el grado de curado. Al reducir la cantidad de agua, la resistencia de la pasta aumenta, haciendo el concreto más fuerte o durable. (Días, 2019)

- **Cemento**

El cemento es un material inorgánico finamente pulverizado, de color gris o blanco que, al agregarle agua, ya sea sólo o mezclado con arena, grava u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad. Cuando el

cemento es mezclado con agua y arena forma mortero, y cuando es mezclado con arena y piedras pequeñas forma una piedra artificial llamada concreto. (Gallo & Saavedra, 2015).

- **Agregados**

Son materiales pétreos naturales, granulares sin forma y volumen definido, que por lo general son inertes. Por su tamaño los agregados pueden clasificarse en finos y gruesos, determinado por el tamaño de mayor predominio usando como referencia un tamiz como límite. (Belito & Paucar, 2018).

Los agregados conformar el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 70 – 85% del peso total del concreto, razón por la cual las propiedades de los agregados resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla. (Castro & Alfaro, 2019)

- **Cáscara de huevo**

La cáscara constituye la cubierta protectora del huevo, la pared que la defiende de la acción de los agentes externos, y el medio ambiente a través del cual pueden realizarse intercambios gaseosos y líquidos con el ambiente que lo rodea. La cáscara representa entre el 9 – 12% del peso del huevo, lo que haría unos 5-7 gramos según las razas de donde procede, y se compone principalmente de sustancias minerales, entre las cuales el Carbonato de calcio (94%) es una de las más importante como componente estructural. Existen otros principios minerales en la cáscara, pero en muy pequeñas cantidades, tales como el Fosfato tricálcico y el Carbonato de Magnesio. (Valdés ,2009).

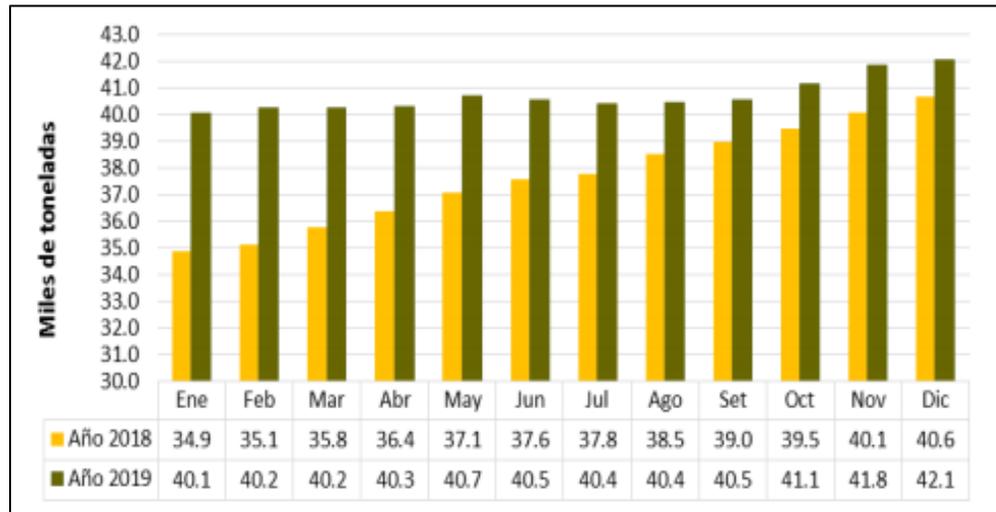


Figura N°1: Producción de consumo de huevo de gallina en el Perú – Año 2018-2019
Fuente: Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA)

1.4. Formulación del problema

¿Cómo realizar un modelo matemático que estime la resistencia a la compresión 210 kg/cm² del concreto con adición de cáscara de huevo?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar un modelo matemático que estime la resistencia a la compresión 210 kg/cm² del concreto con adición de cáscara de huevo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar los modelos matemáticos para las edades de 7,14 y 28 días para alcanzar la resistencia de 210 kg/cm² con adición de una mezcla de cáscara de huevo y ceniza eucalipto.

- Determinar los modelos matemáticos para las edades de 7,14 y 28 días para alcanzar la resistencia de 210 kg/cm² con adición de una mezcla de cáscara de huevo y arcilla.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La mezcla de cáscara de huevo con eucalipto alcanzará mayor resistencia que la mezcla de cáscara de huevo con arcilla a cualquier edad de curado.

1.6.2. Hipótesis específicas

- Los modelos matemáticos para las edades de 7,14 y 28 días para alcanzar la resistencia de 210 kg/cm² con adición de cáscara de huevo y ceniza de eucalipto mostrarán su máxima resistencia a los 28 días.
- Los modelos matemáticos para las edades de 7,14 y 28 días para alcanzar la resistencia de 210 kg/cm² con adición de cáscara de huevo y arcilla mostrarán su máxima resistencia a los 14 días.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

Tipo de Investigación: Explorativa ya que se desarrollará un tema no muy estudiado.

Método: Observacional ya que los datos serán recopilados de tesis que tengan las características requeridas para posteriormente realizar los modelos matemáticos.

Enfoque: Cualitativo ya que se analizarán los datos para luego realizar los modelos matemáticos.

Por Propósito: Aplicada ya que se busca que estos modelos sean implementados y usados para estimar la resistencia a compresión del concreto usando cáscara de huevo.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Para este trabajo se tomará como población a todas las tesis de tecnología de concreto pertenecientes a Perú con una antigüedad no mayor a 5 años por razones de disponibilidad de información y para poder obtener datos más actuales. Se trabajará con una muestra no probabilística por conveniencia, por motivos de tiempo y por las características de las tesis a realizar. Para la elección de la muestra se tomarán en cuenta las siguientes restricciones: tesis que usen cáscara de huevo en su concreto, que realicen ensayos de resistencia a compresión de 210 kg/cm², que hayan realizado sus muestras en probetas de 15cm x 30cm y que la relación agua/cemento se encuentre en un rango de 0.53 y 0.63. Tomando en consideraciones los parámetros mencionados anteriormente, de las 9 tesis en las cuales se usa la cascara de huevo en el concreto, solo 3 de ellas cumplen con todos los parámetros mencionados líneas arriba, las cuales será la cantidad de nuestra muestra.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La técnica de recolección de datos para la presente tesis será la observación ya que se podrá investigar antecedentes, análisis documentales y bibliográficos que cumplan con las características establecidas para la investigación y con los cuales se podrá dar inicio al desarrollo de la misma.

Los instrumentos de recolección de datos serán fichas de registros de datos virtuales, tales como formatos en los cuales se colocará los datos obtenidos para ser analizados y posteriormente plasmarlos en gráficos estadísticos que se elaborarán en Excel, también se crearán los modelos matemáticos con complementos y herramientas de dicho programa. Los materiales a usarse son cuadros comparativos que constan de los siguientes ítems: Nombre de tesis, universidad, año de publicación, materiales usados, f'_c de diseño, cantidad de muestras, tipo de ensayo, edad de ensayos, entre otras.

2.4. Procedimiento de recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos para la presente tesis fue basándose en los siguientes parámetros:

- Nacionalidad de la tesis: Se seleccionó únicamente tesis que se hayan desarrollado en Perú ya que para el diseño de mezcla de las probetas se usó el Reglamento Peruano y por ende difiere con las normas empleadas para el diseño de mezcla de tesis internacionales.

- Antigüedad de tesis: Se consideró tesis que no tengan una antigüedad mayor a 5 años para que así nuestros resultados sean más confiables y más actualizados en base a los últimos cambios normativos de diseño.
- Resistencia a la compresión: Se enfocó en tesis cuyas resistencias a la compresión sean de 210 kg/cm² ya que era la resistencia más usada en los antecedentes y por tal motivo se podría obtener un valor más exacto.
- Tipo de muestra: Se consideró solo probetas de concreto cilíndricas con las medidas más usadas las cuales son 15 cm x 30 cm, ya que son de uso extendido en la mayoría de laboratorios de nuestro país.
- Edad de ensayo de las probetas: Se seleccionó las edades de rotura de las probetas a 7, 14 y 28 días, edades en las cuales se puede observar el comportamiento del concreto en tanto a las resistencias.
- Relación a/c: Se seleccionó las tesis cuyos diseños de mezcla tengan un valor de relación a/c en el siguiente rango: 0.53 – 0.63, ya que son las más usadas para los diseños de mezcla de 210 kg/cm².

Siguiendo estos parámetros obtuvimos la siguiente información:

Tabla 1
Datos obtenidos de la primera tesis a evaluar

TESIS		Resistencia de un concreto F'C=210kg/cm ² sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cascara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto.								
AUTOR	Matías Quispe, Samuél									
UNIVERSIDAD	Universidad San Pedro									
PAÍS	Perú									
AÑO DE PUBLICACIÓN	2018									
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	Diseño experimental									
MATERIALES	Polvo de cáscara de huevo y cenizas de hoja de eucalipto									
CANTIDAD DE MATERIALES	10% (7.5% PCH + 2.5% CHE) y 16% (12%PCH + 4% CHE)									
F'C DISEÑADO	210 kg/cm ²									
TIPO DE ELEMENTO	Probetas de concreto									
DIMENSIONES DEL ELEMENTO	15 x 30 cm									
CANTIDAD DE MUESTRAS	9 probetas patrón, 9 probetas experimentales a 10% y 9 probetas experimentales a 16%									
TIPO DE ENSAYO	Resistencia a la compresión									
EDADES DE ENSAYO	7 días			14 días			28 días			
PORCENTAJES DE ELEMENTOS A USAR	0%	10%	16%	0%	10%	16%	0%	10%	16%	
F'C PROMEDIO DISEÑO EXPERIMENTAL	187.8	193.3	194.2	196.8	206.8	223.2	210.2	214.2	232.6	
PORCENTAJES DE LAS F'C RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA	89.40%	92%	92.50%	93.70%	98.50%	106.30%	100.10%	102%	110.80%	
VARIACIÓN PORCENTUAL DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	-10.60%	-8%	-7.50%	-6.30%	-1.50%	6.30%	0.10%	2%	10.80%	
RELACIÓN A/C	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	

En esta tabla se puede observar los valores obtenidos de la primera tesis que es tomada como muestra y los cuales serán tomados en cuenta para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2
Datos obtenidos de la segunda tesis a evaluar

Análisis comparativo de las propiedades físicas-mecánicas del concreto de resistencias $f'c = 210, 280, 350$ kg/cm² sustituyendo material cementicio por cáscara de huevo.									
TESIS									
AUTOR	David Daniel Castro Gallardo Jhon Jhames Alfaro Pérez								
UNIVERSIDAD	Universidad Privada Antenor Orrego								
PAÍS	Perú								
AÑO DE PUBLICACIÓN	2019								
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	Diseño experimental								
MATERIALES	Cáscara de huevo								
CANTIDAD DE MATERIALES	10% y 20% de cáscara de huevo								
F'C DISEÑADO	210 kg/cm ²								
TIPO DE ELEMENTO	Probetas de concreto								
DIMENSIONES DEL ELEMENTO	15 x 30 cm								
CANTIDAD DE MUESTRAS	6 especímenes patrón, 6 especímenes experimentales a 15% y 6 especímenes experimentales a 20%								
TIPO DE ENSAYO	Resistencia a compresión del concreto								
EDADES DE ENSAYO	7 días			14 días			28 días		
PORCENTAJES DE ELEMENTOS A USAR	0%	15%	20%	0%	15%	20%	0%	15%	20%
F'C PROMEDIO DISEÑO EXPERIMENTAL	223.85	232.9	246.55	295.96	294.7	287.8	322.88	335.2	313.4
PORCENTAJES DE LAS F'C RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA	106.62%	110.90%	117.43%	140.95%	140.33%	137.05%	153.76%	159.62%	149.24%
VARIACIÓN PORCENTUAL DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	6.60%	10.90%	17.40%	40.95%	40.30%	37.10%	53.80%	59.60%	49.20%
RELACIÓN A/C	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56

En esta tabla se puede observar los valores obtenidos de la segunda tesis que es tomada como muestra y los cuales serán tomados en cuenta para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3
Datos obtenidos de la tercera tesis a evaluar

TESIS	Resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo al cemento en 12% y 20% por la combinación de cáscara de huevo y arcilla.								
AUTOR	Alvarado Maguiña, Elizabeth Sonia								
UNIVERSIDAD	Universidad San Pedro								
PAÍS	Perú								
AÑO DE PUBLICACIÓN	2019								
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	Diseño experimental								
MATERIALES	Cáscara de huevo y arcilla								
CANTIDAD DE MATERIALES	12% (9% cáscara de huevo + 3% arcilla) y 20% (15% cáscara de huevo + 5% arcilla)								
F'c DISEÑADO	210 kg/cm ²								
TIPO DE ELEMENTO	Probetas de concreto								
DIMENSIONES DEL ELEMENTO	15 x 30 cm								
CANTIDAD DE MUESTRAS	9 probetas patrón, 9 probetas experimentales a 12% y 9 probetas experimentales a 20%								
TIPO DE ENSAYO	Resistencia a la compresión del concreto								
EDADES DE ENSAYO	7 días			14 días			28 días		
PORCENTAJES DE ELEMENTOS A USAR	0%	12%	20%	0%	12%	20%	0%	12%	20%
F'c PROMEDIO DISEÑO EXPERIMENTAL	174.00	139.50	141.00	199.00	191.60	154.60	218.10	217.80	166.60
PORCENTAJES DE LAS F'c RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA	83.00%	66.40%	67.40%	95.00%	91.30%	73.60%	104.00%	103.70%	79.30%
VARIACIÓN PORCENTUAL DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	-17%	-33.60%	-32.60%	-5%	-8.70%	-26.40%	4%	3.70%	-20.70%
RELACIÓN A/C	0.621	0.621	0.621	0.622	0.622	0.622	0.623	0.623	0.623

En esta tabla se puede observar los valores obtenidos de la segunda tesis que es tomada como muestra y los cuales serán tomados en cuenta para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Fuente: Elaboración Propia

2.5. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

El procedimiento de tratamiento y análisis de datos fue de la siguiente forma:

1. Primero se dividió los datos de las tesis por edades de ensayo, los cuales serán colocados en tablas comparativas para que se pueda apreciar mejor las diferencias de las resistencias respecto a cada porcentaje de sustitución de cada de mezcla en el concreto.
2. Luego, para cada mezcla y las diferentes edades se realizarán gráficos de dispersión para que se pueda ver la variación de las resistencias. Cabe resaltar que en las mezclas de cáscara de huevo con cenizas de hoja de eucalipto y la de cáscara de huevo con arcilla, tienen una relación de 3:1 en cuanto a la cascara de huevo y a los otros materiales.
3. Después, se realizarán gráficos de dispersión para cada mezcla tomando en cuenta todas las edades para así poder observar el comportamiento de cada una de ellas respecto a cada edad de rotura de los especímenes.
4. Por último, definiremos un modelo matemático que ayudará a predecir la resistencia del concreto con cáscara de huevo para las edades de 7,14 y 28 días. Así mismo realizaremos los modelos matemáticos para las otras dos combinaciones para las edades de 7,14 y 28 días. Los cuales se obtuvieron mediante la línea de tendencia polinómica, ya que el coeficiente de determinación (R^2) se ajustaba a 1, la cual era la indicada para obtener los modelos matemáticos que tengan mejor aproximación en las predicciones de las resistencias.

VARIABLES:

- Variable Independiente: f_c 210 kg/cm² del concreto con cáscara de huevo
- Variable Dependiente: Modelo Matemático

Tabla 4

Cuadro comparativo por edad, a 7 días

TESIS	Resistencia de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cascara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto.			Análisis comparativo de las propiedades físicas-mecánicas del concreto de resistencias $f'c=210, 280, 350 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo material cementicio por cáscara de huevo.			Resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo al cemento en 12% y 20% por la combinación de cáscara de huevo y arcilla		
AUTOR	Matías Quispe, Samuél			David Daniel Castro Gallardo Jhon Jhames Alfaro Pérez			Alvarado Maguiña, Elizabeth Sonia		
UNIVERSIDAD	Universidad San Pedro			Universidad Privada Antenor Orrego			Universidad San Pedro		
PAÍS	Perú			Perú			Perú		
AÑO	2018			2019			2019		
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	Diseño experimental			Diseño experimental			Diseño experimental		
MATERIALES	Polvo de cáscara de huevo y cenizas de hoja de eucalipto			Cáscara de huevo			Cáscara de huevo y arcilla		
CANTIDAD DE MATERIALES	10% (7.5% PCH + 2.5% CHE) y 16% (12%PCH + 4% CHE)			15% y 20% de cáscara de huevo			12% (9% cáscara de huevo + 3% arcilla) y 20% (15% cáscara de huevo + 5% arcilla)		
F'C DISEÑADO	210 kg/cm ²			210 kg/cm ²			210 kg/cm ²		
TIPO DE ELEMENTO	Probetas de concreto			Probetas de concreto			Probetas de concreto		
DIMENSIONES DEL ELEMENTO	15 x 30 cm			15 x 30 cm			15 x 30 cm		
CANTIDAD DE MUESTRAS	9 probetas patrón, 9 probetas experimentales a 10% y 9 probetas experimentales a 16%			6 especímenes patrón, 6 especímenes experimentales a 15% y 6 especímenes experimentales a 20%			9 probetas patrón, 9 probetas experimentales a 12% y 9 probetas experimentales a 20%		
TIPO DE ENSAYO	Resistencia a la compresión			Resistencia a compresión del concreto			Resistencia a la compresión del concreto		
EDADES DE ENSAYO	7 días			7 días			7 días		
PORCENTAJES DE ELEMENTOS A USAR	0%	10%	16%	0%	15%	20%	0%	12%	20%
F'C PROMEDIO DISEÑO EXPERIMENTAL	187.8	193.3	194.2	223.85	232.9	246.55	174.00	139.50	141.00
PORCENTAJES DE LAS F'C RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA	89.40%	92%	92.50%	106.62%	110.90%	117.43%	83.00%	66.40%	67.40%
VARIACIÓN PORCENTUAL DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	-10.60%	-8%	-7.50%	6.60%	10.90%	17.40%	-17%	-33.60%	-32.60%
RELACIÓN A/C	0.54	0.54	0.54	0.56	0.56	0.56	0.621	0.621	0.621

En esta tabla observaremos las resistencias a compresión a 7 días de rotura de probetas de los 3 tipos de mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

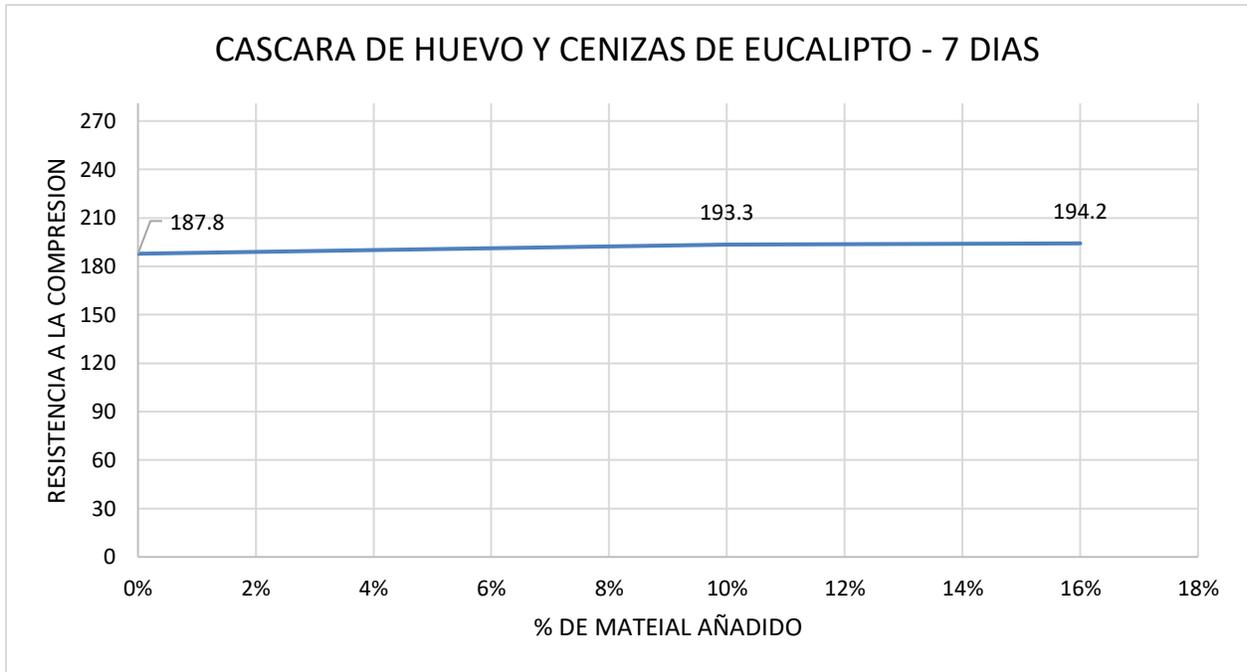


Figura 2: Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y cenizas de eucalipto sustituyendo el 0%, 10% y 16% a los 7 días.

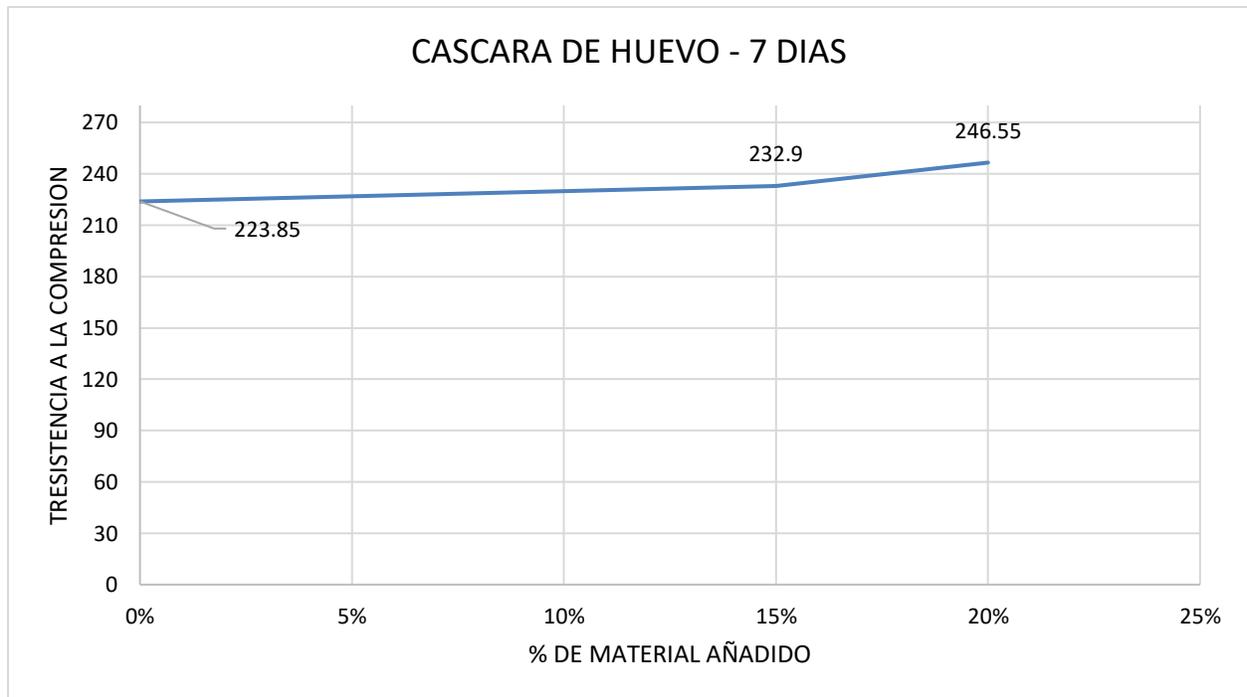


Figura 3: Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo sustituyendo el 0%, 15% y 20% a los 7 días.

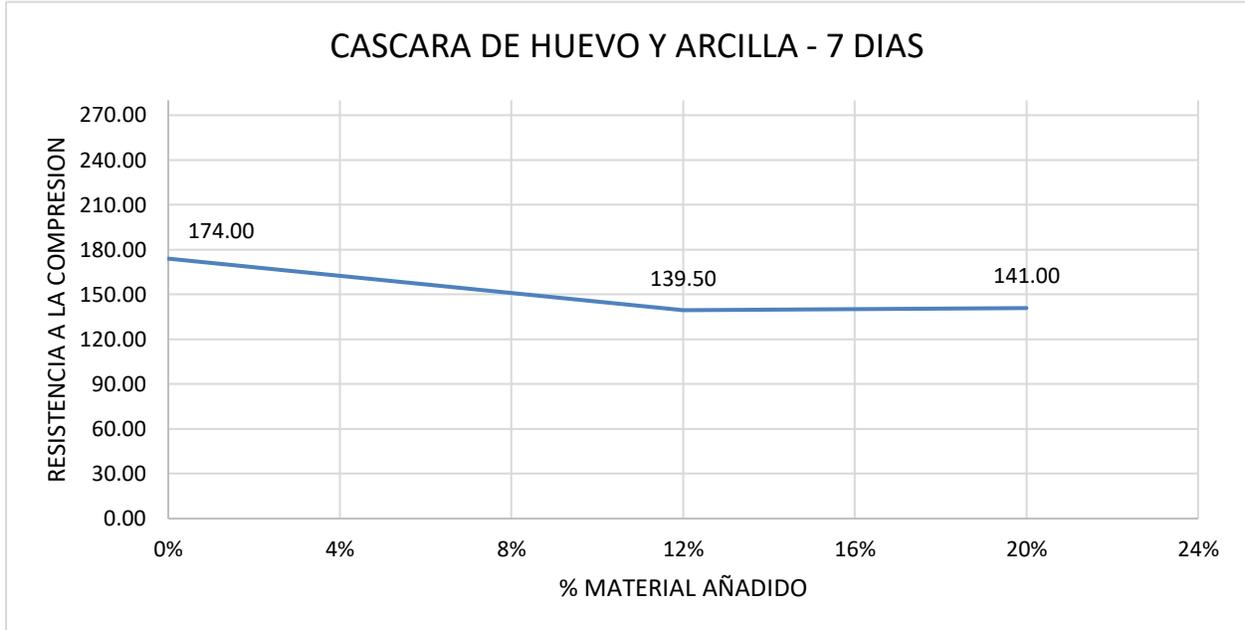


Figura 4: Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y arcilla sustituyendo el 0%, 12% y 20% a los 7 días.

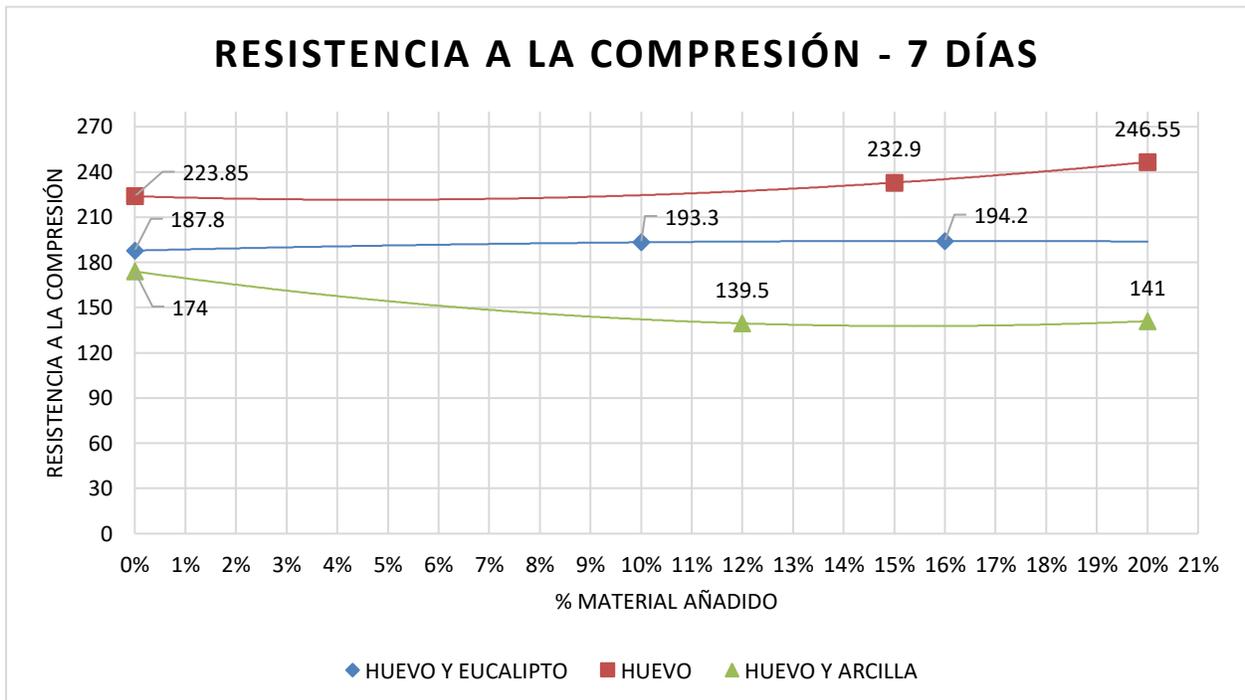


Figura 5: Se observa la variación de las resistencias del concreto de las 3 mezclas a los 7 días.

Tabla 5
Cuadro comparativo por edades, 14 días

TESIS	Resistencia de un concreto f'c=210kg/cm2 sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cáscara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto.			Análisis comparativo de las propiedades físicas-mecánicas del concreto de resistencias f'c= 210, 280, 350 kg/cm2 sustituyendo material cementicio por cáscara de huevo.			Resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo al cemento en 12% y 20% por la combinación de cáscara de huevo y arcilla		
AUTOR	Mañas Quispe, Samuél			David Daniel Castro Gallardo Jhon Jhames Alfaro Pérez			Alvarado Maguñña, Elizabeth Sonia		
UNIVERSIDAD	Universidad San Pedro			Universidad Privada Antenor Orrego			Universidad San Pedro		
PAÍS	Perú			Perú			Perú		
AÑO	2018			2019			2019		
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	Diseño experimental			Diseño experimental			Diseño experimental		
MATERIALES	Polvo de cáscara de huevo y cenizas de hoja de eucalipto			Cáscara de huevo			Cáscara de huevo y arcilla		
CANTIDAD DE MATERIALES	10% (7.5% PCH + 2.5% CHE) y 16% (12%PCH + 4% CHE)			10% y 20% de cáscara de huevo			12% (9% cáscara de huevo + 3% arcilla) y 20% (15% cáscara de huevo + 5% arcilla)		
F'c DISEÑADO	210 kg/cm2			210 kg/cm2			210 kg/cm2		
TIPO DE ELEMENTO	Probetas de concreto			Probetas de concreto			Probetas de concreto		
DIMENSIONES DEL ELEMENTO	15 x 30 cm			15 x 30 cm			15 x 30 cm		
CANTIDAD DE MUESTRAS	9 probetas patrón, 9 probetas experimentales a 10% y 9 probetas experimentales a 16%			6 especímenes patrón, 6 especímenes experimentales a 15% y 6 especímenes experimentales a 20%			9 probetas patrón, 9 probetas experimentales a 12% y 9 probetas experimentales a 20%		
TIPO DE ENSAYO	Resistencia a la compresión			Resistencia a compresión del concreto			Resistencia a la compresión del concreto		
EDADES DE ENSAYO	14 días			14 días			14 días		
PORCENTAJES DE ELEMENTOS A USAR	0%	10%	16%	0%	15%	20%	0%	12%	20%
F'c PROMEDIO DISEÑO EXPERIMENTAL	196.8	206.8	223.2	295.96	294.7	287.8	199.00	191.60	154.60
PORCENTAJES DE LAS F'c RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA	93.70%	98.50%	106.30%	140.95%	140.33%	137.05%	95.00%	91.30%	73.60%
VARIACIÓN PORCENTUAL DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	-6.30%	-1.50%	6.30%	40.95%	40.30%	37.10%	-5%	-8.70%	-26.40%
RELACIÓN A/C	0.54	0.54	0.54	0.56	0.56	0.56	0.622	0.622	0.622

En esta tabla observaremos las resistencias a compresión a 14 días de rotura de probetas de los 3 tipos de mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

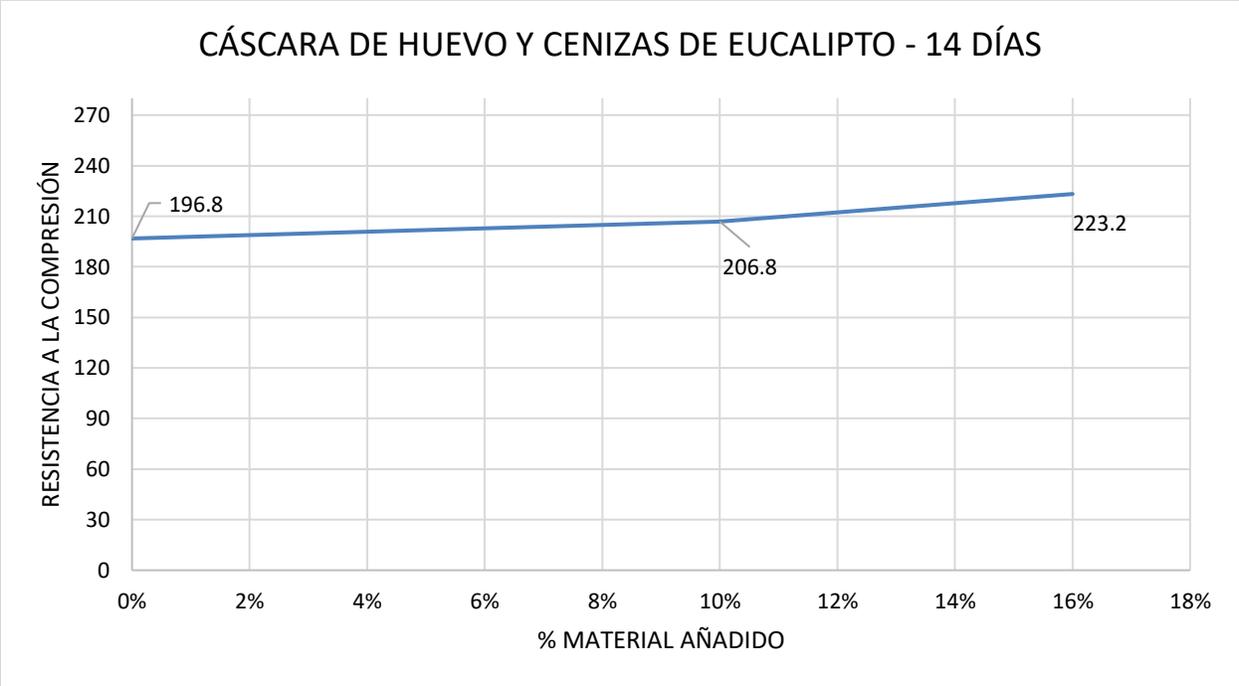


Figura 6: Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y cenizas de eucalipto sustituyendo el 0%, 10% y 16% a los 14 días.

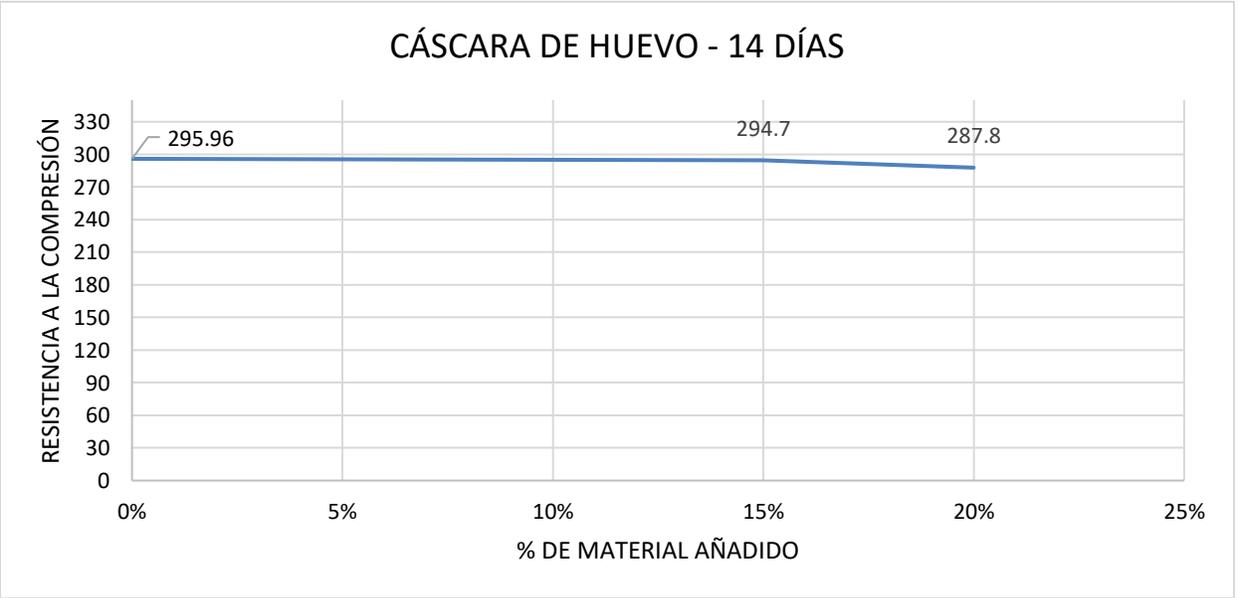


Figura 7: Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo sustituyendo el 0%, 15% y 20% a los 14 días.

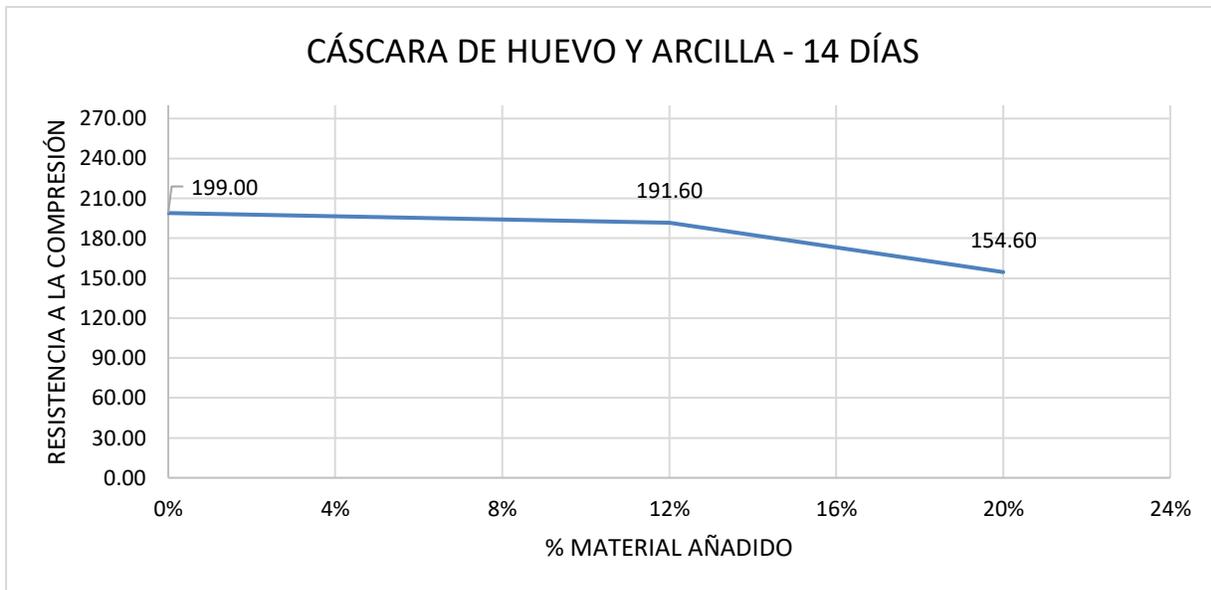


Figura 8: Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y arcilla sustituyendo el 0%, 12% y 20% a los 14 días.

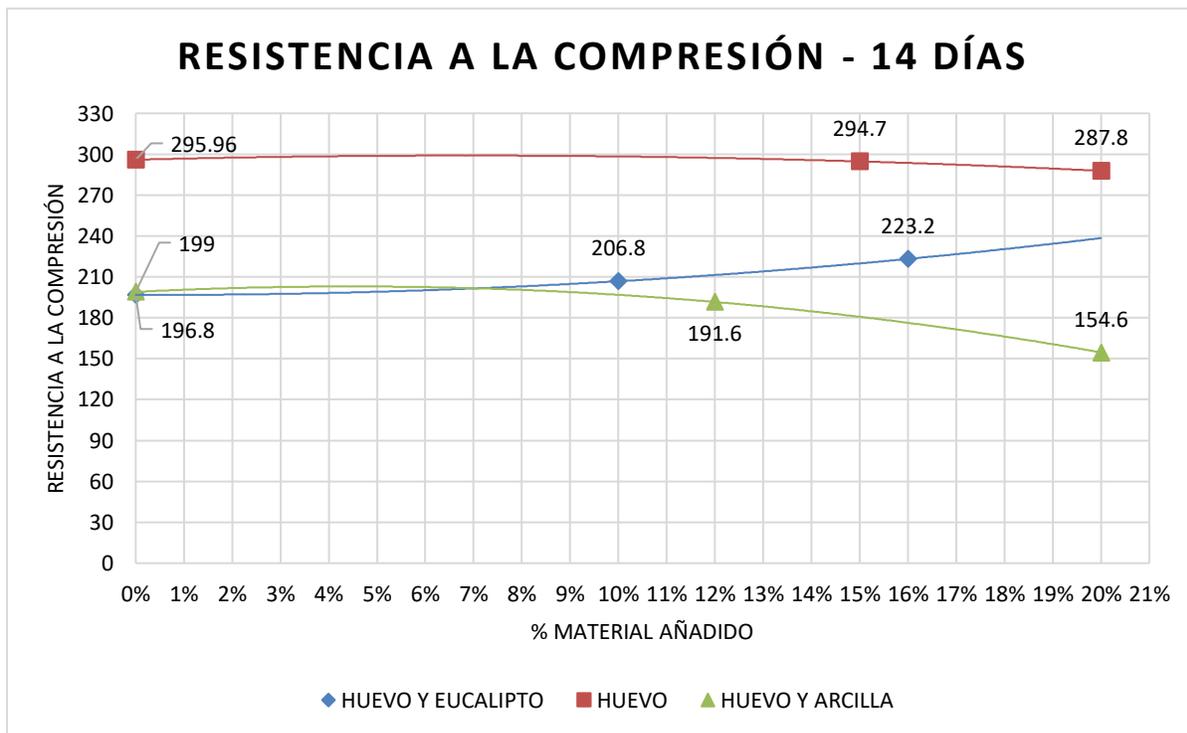


Figura 9: Se observa la variación de las resistencias del concreto de las 3 mezclas a los 14 días.

Tabla 6

Cuadro comparativo por edades, 28 días

TESIS	Resistencia de un concreto f'c=210kg/cm2 sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cáscara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto.			Análisis comparativo de las propiedades físicas-mecánicas del concreto de resistencias f'c= 210, 280, 350 kg/cm2 sustituyendo material cementicio por cáscara de huevo.			Resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo al cemento en 12% y 20% por la combinación de cáscara de huevo y arcilla		
AUTOR	Matías Quispe, Samuél			David Daniel Castro Gallardo Jhon Jhames Alfaro Pérez			Alvarado Maguiña, Elizabeth Sonia		
UNIVERSIDAD	Universidad San Pedro			Universidad Privada Antenor Orrego			Universidad San Pedro		
PAÍS	Perú			Perú			Perú		
AÑO	2018			2019			2019		
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	Diseño experimental			Diseño experimental			Diseño experimental		
MATERIALES	Polvo de cáscara de huevo y cenizas de hoja de eucalipto			Cáscara de huevo			Cáscara de huevo y arcilla		
CANTIDAD DE MATERIALES	10% (7.5% PCH + 2.5% CHE) y 16% (12%PCH + 4% CHE)			10% y 20% de cáscara de huevo			12% (9% cáscara de huevo + 3% arcilla) y 20% (15% cáscara de huevo + 5% arcilla)		
F'C DISEÑADO	210 kg/cm2			210 kg/cm2			210 kg/cm2		
TIPO DE ELEMENTO	Probetas de concreto			Probetas de concreto			Probetas de concreto		
DIMENSIONES DEL ELEMENTO	15 x 30 cm			15 x 30 cm			15 x 30 cm		
CANTIDAD DE MUESTRAS	9 probetas patrón, 9 probetas experimentales a 10% y 9probetas experimentales a 16%			6 especímenes patrón, 6 especímenes experimentales a 15% y 6 especímenes experimentales a 20%			9 probetas patrón, 9 probetas experimentales a 12% y 9 probetas experimentales a 20%		
TIPO DE ENSAYO	Resistencia a la compresión			Resistencia a compresión del concreto			Resistencia a la compresión del concreto		
EDADES DE ENSAYO	28 días			28 días			28 días		
PORCENTAJES DE ELEMENTOS A USAR	0%	10%	16%	0%	15%	20%	0%	12%	20%
F'C PROMEDIO DISEÑO EXPERIMENTAL	210.2	214.2	232.6	322.88	335.2	313.4	218.10	217.80	166.60
PORCENTAJES DE LAS F'C RESPECTO AL DISEÑO DE MEZCLA	100.10%	102%	110.80%	153.76%	159.62%	149.24%	104.00%	103.70%	79.30%
VARIACIÓN PORCENTUAL DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	0.10%	2%	10.80%	53.80%	59.60%	49.20%	4%	3.70%	-20.70%
RELACIÓN A/C	0.54	0.54	0.54	0.56	0.56	0.56	0.623	0.623	0.623

En esta tabla observaremos las resistencias a compresión a 28 días de rotura de probetas de los 3 tipos de mezcla.

Fuente: Elaboración Propia

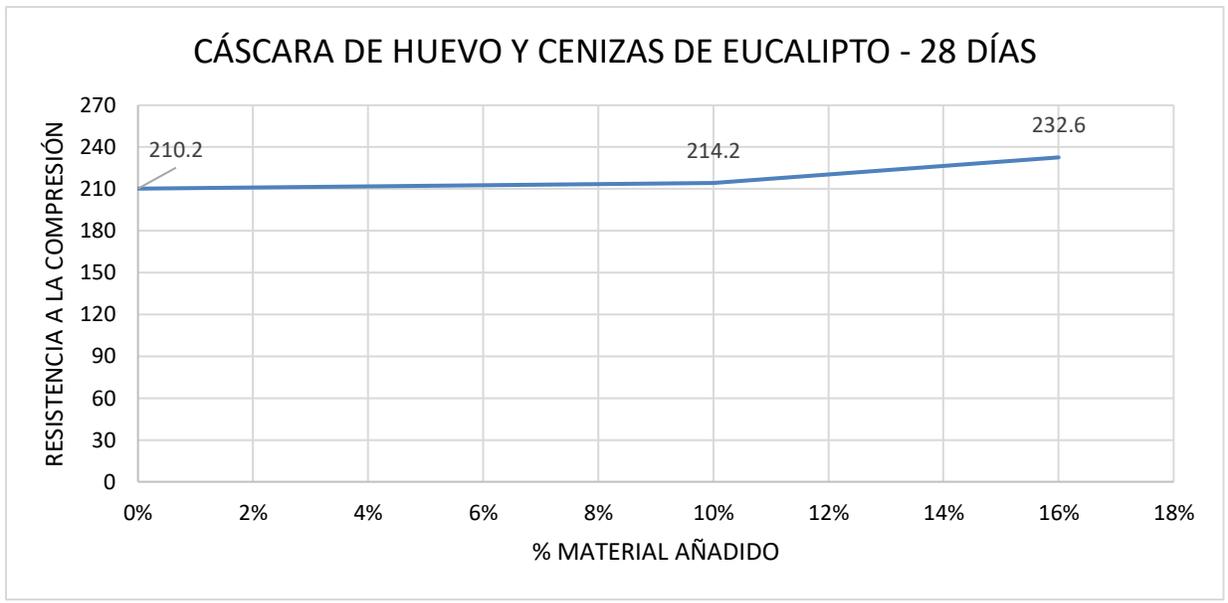


Figura 10: Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y cenizas de eucalipto sustituyendo el 0%, 10% y 16% a los 28 días.

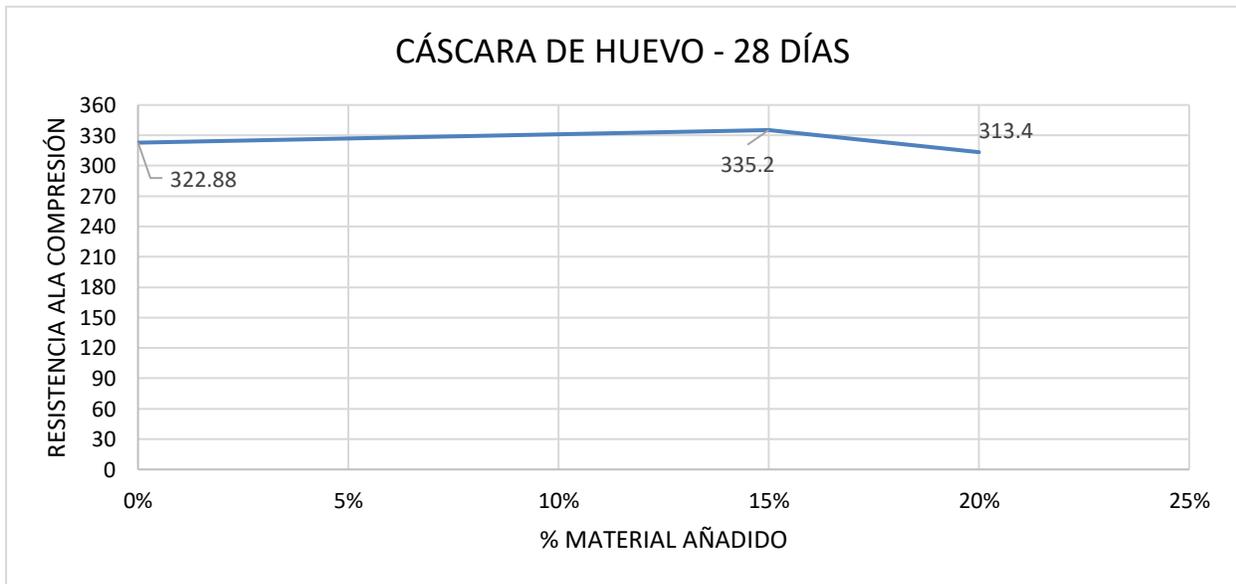


Figura 11: Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo sustituyendo el 0%, 15% y 20% a los 28 días.

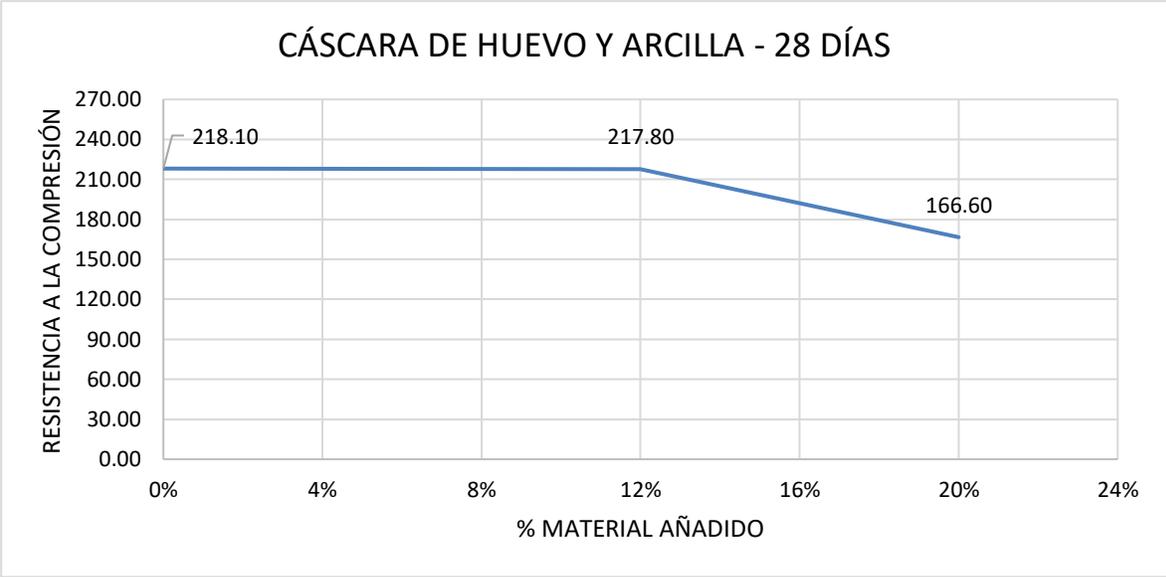


Figura 12: Se observa la variación de las resistencias del concreto con cáscara de huevo y arcilla sustituyendo el 0%, 12% y 20% a los 28 días.

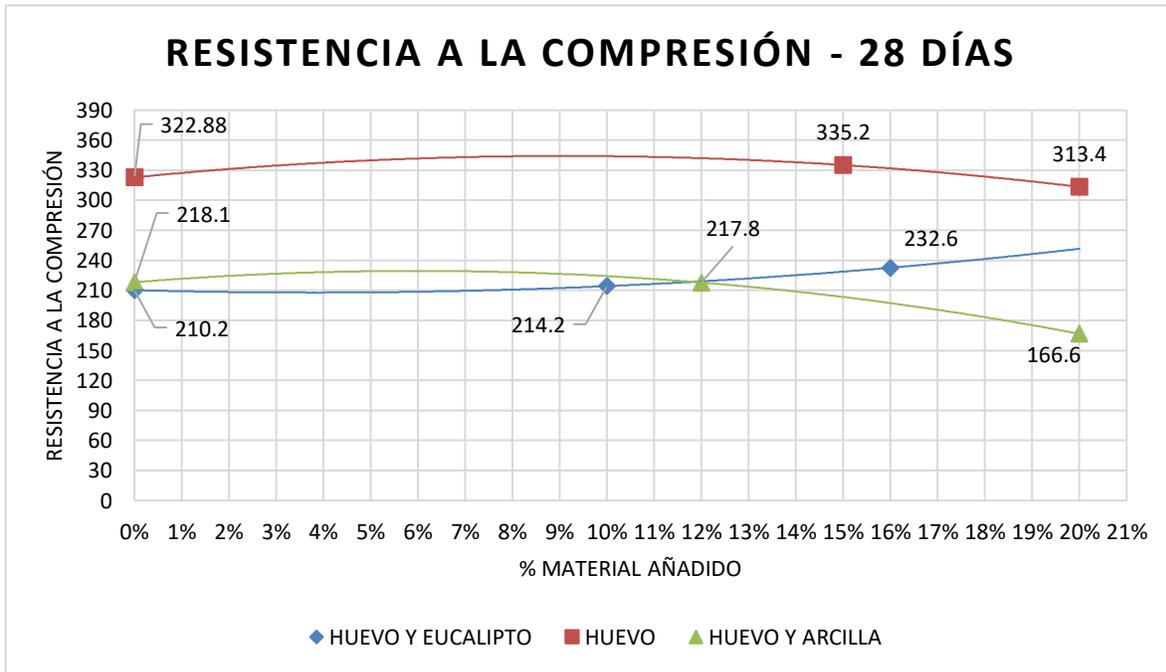


Figura 13: Se observa la variación de las resistencias del concreto de las 3 mezclas a los 28 días.

La presente investigación se ha desarrollado respetando todas normas correspondientes para el desarrollo de una investigación, así mismo se manifiesta que se ha cumplido con citar a los autores de tesis, artículos científicos e investigaciones, de los cuales se obtuvo información relevante para esta investigación, así mismo podemos decir que los datos obtenidos para el desarrollo de la tesis son válidos y verídicos. No obstante, también se ha tenido por bien tener presente el Código Deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú, el cual dice lo siguiente:

- Artículo 106 del Sub Capítulo II – De la relación con el público, el cual dice: “Los ingenieros, al explicar su trabajo, méritos o emitir opiniones sobre temas de ingeniería, actuarán con seriedad y convicción, cuidando de no crear conflictos de intereses, esforzándose por ampliar el conocimiento del público a cerca de la ingeniería y de los servicios que presta a la sociedad”. Es por tal motivo que en la presente investigación se han usado datos verídicos que fueron obtenidos de tesis los cuales realizaron ensayos de laboratorio basándose en la Norma Técnica Peruana y el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Basado en los datos obtenidos y que posteriormente fueron analizados, procesados y trabajados se ha podido lograr responder al objetivo principal del presente trabajo de investigación, el cual detallaremos a continuación:

Para llegar al resultado, se tuvo que realizar lo siguiente:

1. Primero, mediante fórmulas matemáticas se halló la resistencia promedio a la compresión 210 kg/cm², ya que por cada muestra se obtuvo 3 valores de resistencia a cada edad (7,14 y 28 días). Para luego ser procesado y plasmarlo en el siguiente diagrama de dispersión.

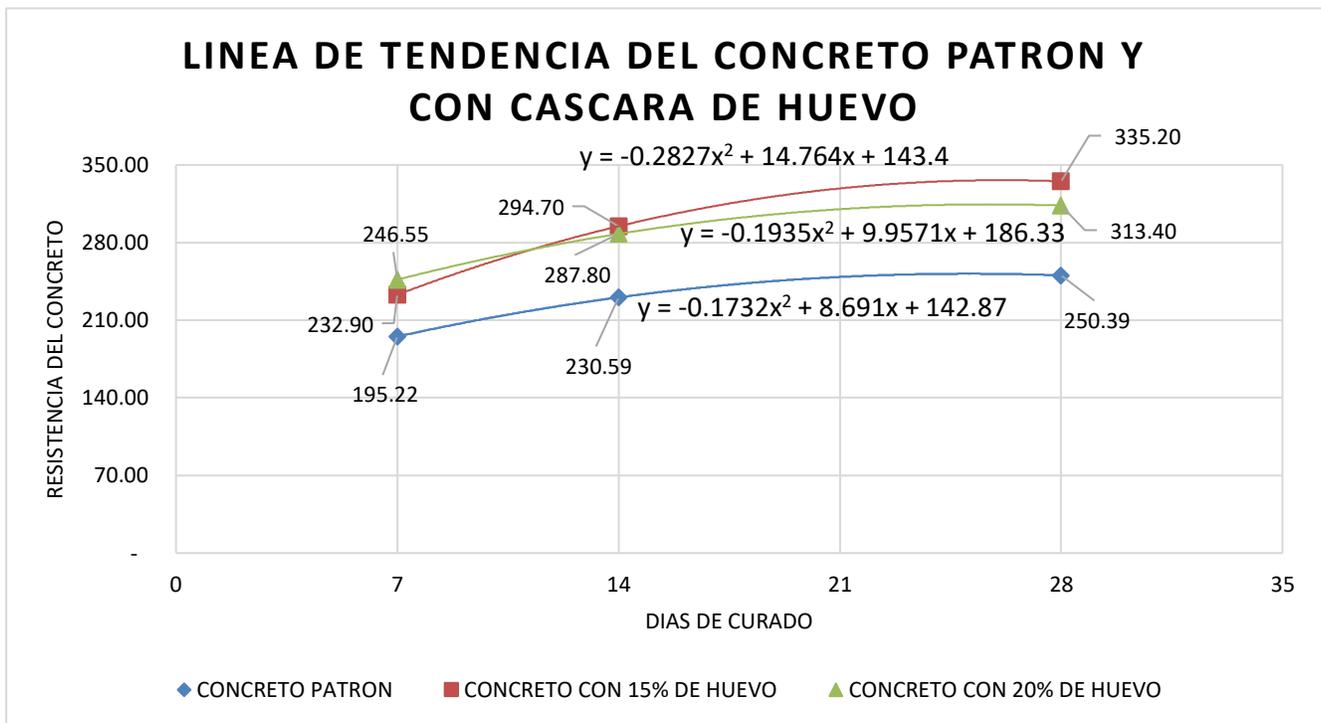


Figura 14: Se observa que a medida que la edad de curado sea mayor, la probeta alcanza una mayor resistencia.

De la Figura N°14, usando propiedades y complementos de Excel se obtuvo la siguiente

ecuación, la cual será usada para determinar la resistencia a compresión de un concreto para un diseño de 210 k/cm² en función a la edad de rotura.

Ecuación N°1

Ecuación para determinar la $f'c$ para un diseño patrón de 210 kg/cm²

$$P_{(x)} = -0.1732x^2 + 8.691x + 142.87$$

En esta ecuación se ingresarán los valores de las edades en días para poder estimar la resistencia a compresión del concreto patrón.

Fuente: Elaboración Propia

2. Luego se determinó los modelos matemáticos para el concreto con sustitución de cáscara de huevo para las edades de 7,14 y 28 días.

De la Figura N°14, usando propiedades y complementos de Excel se obtuvo la siguiente ecuación, la cual será usada para determinar la resistencia a compresión de un concreto para un diseño de 210 k/cm² sustituyendo un 15% de cáscara de huevo por cemento en función a la edad de rotura

Ecuación N°2

Ecuación para determinar la $f'c$ para un diseño de 210 kg/cm² sustituyendo un 15% por cáscara de huevo.

$$H1_{(x)} = -0.2653x^2 + 13.014x + 61.4$$

En esta ecuación se ingresarán los valores de las edades en días para poder estimar la resistencia a compresión del concreto sustituyendo el 15% por cáscara de huevo.

Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N°14, usando propiedades y complementos de Excel se obtuvo la siguiente

ecuación, la cual será usada para determinar la resistencia a compresión de un concreto para un diseño de 210 k/cm² sustituyendo un 20% de cáscara de huevo por cemento en función a la edad de rotura.

Ecuación N°3

Ecuación para determinar la f'_c para un diseño de 210 kg/cm² sustituyendo un 20% por cáscara de huevo.

$$H2_{(x)} = -0.1935x^2 + 9.9571x + 186.33$$

En esta ecuación se ingresarán los valores de las edades en días para poder estimar la resistencia a compresión del concreto sustituyendo el 20% por cáscara de huevo.

Fuente: Elaboración Propia

- Luego se determinó los modelos matemáticos para el concreto con sustitución de cáscara de huevo y cenizas de eucalipto para las edades de 7,14 y 28 días.

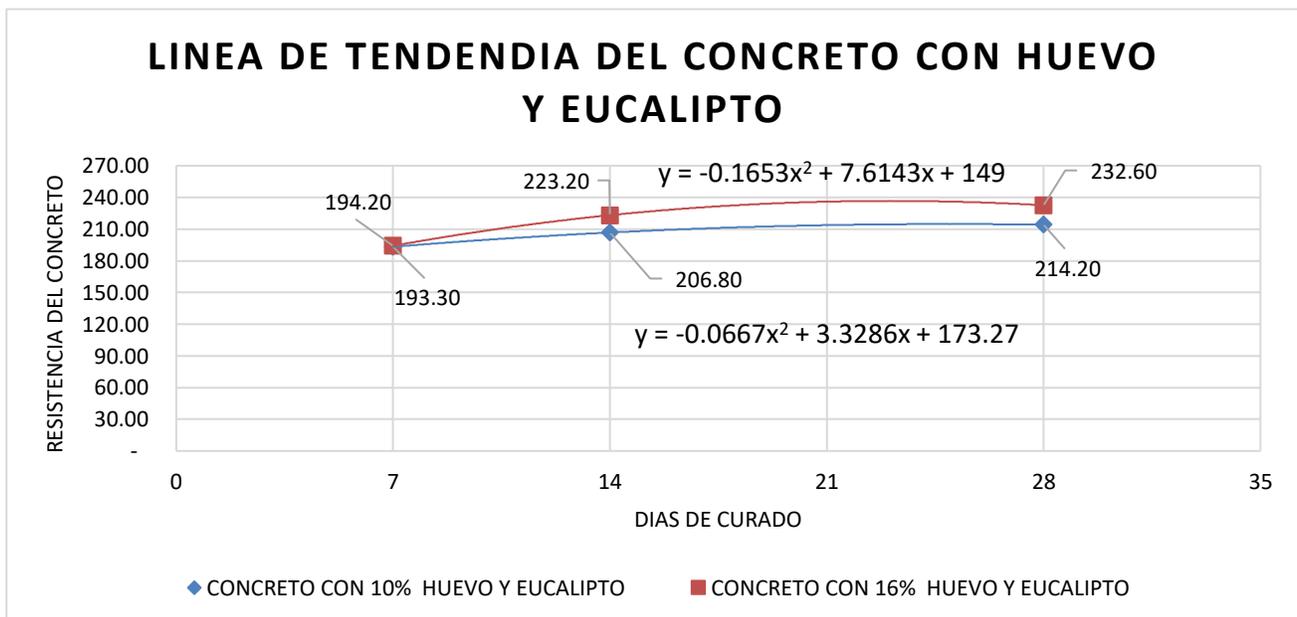


Figura 15: Se observa que el incremento de la resistencia a compresión del concreto aumenta hasta aproximadamente los 21 días, luego comienza un ligero descenso.

De la Figura N° 15 se obtuvo la siguiente ecuación, la cual sería utilizada para determinar la resistencia a la compresión de un concreto para un diseño de 210 kg/cm² en función a la edad de rotura, sustituyendo el 10% por cáscara de huevo y cenizas de eucalipto en una relación de 3:1 (7.5% cáscara de huevo y 2.5% cenizas de eucalipto).

Ecuación N°4

Ecuación para determinar la f'_c para un diseño de 210 kg/cm² sustituyendo el 10% por cáscara de huevo y ceniza de eucalipto

$$HE1_{(x)} = -0.0667x^2 + 3.3286x + 173.27$$

En esta ecuación se ingresarán los valores de las edades en días para poder estimar la resistencia a compresión del concreto sustituyéndolo en un 10% por cáscara de huevo y ceniza de eucalipto.
Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N° 15 se obtuvo la siguiente ecuación, la cual sería utilizada para determinar la resistencia a la compresión de un concreto para un diseño de 210 kg/cm² en función a la edad de rotura, sustituyendo el 16% por cáscara de huevo y cenizas de eucalipto en una relación de 3:1 (12% cáscara de huevo y 4% cenizas de eucalipto).

Ecuación N°5

Ecuación para determinar la f'_c para un diseño de 210 kg/cm² sustituyendo el 16% por cáscara de huevo y ceniza de eucalipto

$$HE2_{(x)} = -0.1653x^2 + 7.6143x + 149$$

En esta ecuación se ingresarán los valores de las edades en días para poder estimar la resistencia a compresión del concreto sustituyéndolo en un 16% por cáscara de huevo y ceniza de eucalipto.
Fuente: Elaboración Propia

4. Después se determinó los modelos matemáticos para el concreto con sustitución de cáscara de huevo y arcilla para las edades de 7,14 y 28 días

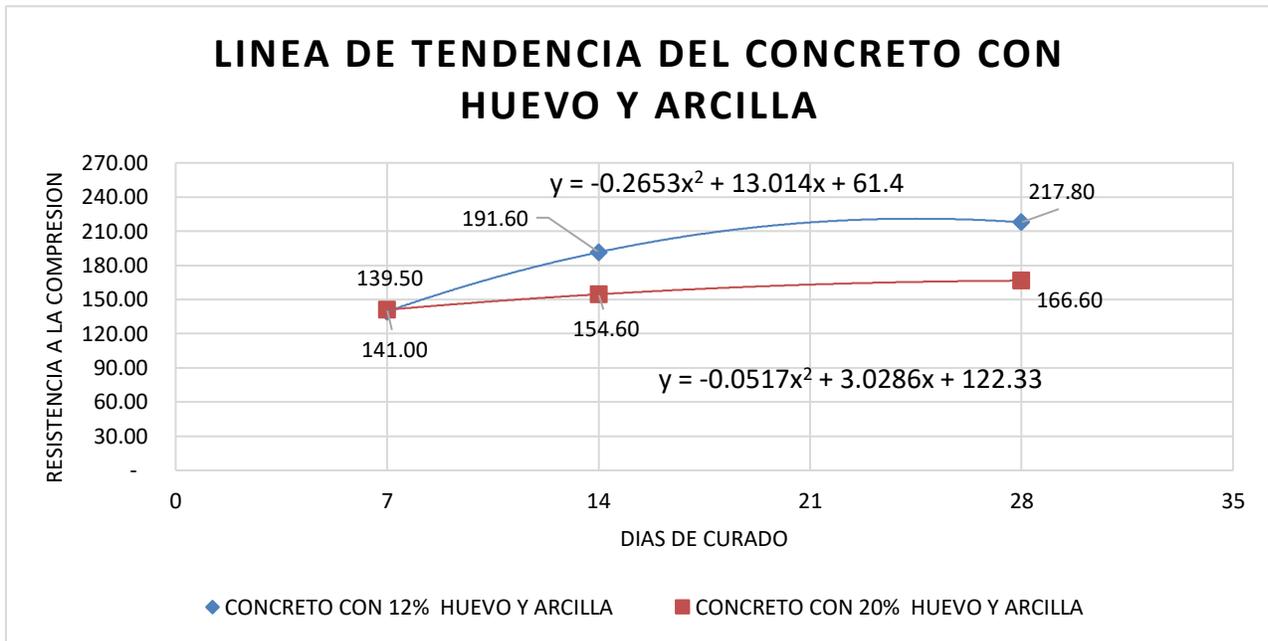


Figura 16: Se observa que el incremento de la resistencia a compresión del concreto aumenta hasta aproximadamente los 24 días, luego comienza un ligero descenso

De la Figura N° 16 se obtuvo la siguiente ecuación, la cual sería utilizada para determinar la resistencia a la compresión de un concreto para un diseño de 210 kg/cm2 en función a la edad de rotura, sustituyendo el 12% por cáscara de huevo y arcilla en una relación de 3:1 (9% cáscara de huevo y 3% arcilla).

Ecuación N°6

Ecuación para determinar la f'c para un diseño de 210 kg/cm2 sustituyendo el 12% por cáscara de huevo y arcilla.

$$HA1_{(x)} = -0.2653x^2 + 13.014x + 61.4$$

En esta ecuación se ingresarán los valores de las edades en días para poder estimar la resistencia a compresión del concreto sustituyéndolo en un 16% por cáscara de huevo y arcilla.

Fuente: Elaboración Propia

De la Figura N°16 se obtuvo la siguiente ecuación, la cual sería utilizada para determinar la resistencia a la compresión de un concreto para un diseño de 210 kg/cm² en función a la edad de rotura, sustituyendo el 20% por cáscara de huevo y arcilla en una relación de 3:1 (15% cáscara de huevo y 5% arcilla).

Ecuación N°7

Ecuación para determinar la f'_c para un diseño de 210 kg/cm² sustituyendo el 20% por cáscara de huevo y arcilla.

$$HA_{2(x)} = -0.0517x^2 + 3.0286x + 122.33$$

En esta ecuación se ingresarán los valores de las edades en días para poder estimar la resistencia a compresión del concreto sustituyéndolo en un 20% por cáscara de huevo y arcilla.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La presente investigación es el punto de partida para promover al desarrollo de más investigaciones que tengan la finalidad de proponer modelos matemáticos que ayuden a estimar una resistencia a la compresión del concreto usando materiales orgánicos y/o residuales.

Concordando con Quispe & Alvarez, 2018 A partir de la ruptura de los especímenes y de determinar su resistencia a la compresión alcanzada, se construyeron las curvas de resistencia a la compresión del concreto versus sus frecuencias de curado. Con lo cual se obtuvo una guía de valor científico empírico, como son las ecuaciones y los ábacos de estimación referencial de la resistencia a la compresión del concreto que puede alcanzar este, al ser sometido a una frecuencia de curado determinada, por tal motivo estos modelos matemáticos pueden ser aplicables por profesionales de la construcción como por personal técnico.

Concordando con Castro & Alfaro, 2019. El concreto experimental sustituyendo material cementicio por cáscara de huevo, alcanza su resistencia de diseño en una edad menor de la esperada la cual era 28 días. Por tal motivo se puede decir que la cáscara de huevo es un reemplazante efectivo del cemento. Además, que es un material que se podría usar cuando el cronograma de obra es corto o exista algún inconveniente en los tiempos.

Concordando con Alvarado, 2019. La cáscara de huevo molido y el aditivo superplastificante aumenta la trabajabilidad del concreto, retrasa brevemente el tiempo de fraguado, y en la resistencia a la compresión para los concretos experimentales a la edad de 7 días ya va superando

la resistencia del concreto patrón. Por lo tanto, se puede decir que la cáscara de huevo actúa como un acelerante de resistencia a edades tempranas.

Concordando con Reyes, 2019. Se realizó el método de calcinación de la cáscara huevo para que dé como resultado cenizas de cáscara de huevo, las cual serían usada en concretos experimentales manifestando así que la sustitución de este material beneficia a la trabajabilidad y resistencia del concreto en comparación del concreto patrón.

Las limitaciones que se manifestaron en el desarrollo de esta investigación, fue que al iniciar con esta tesis se tenía planeado realizar probetas en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte, pero debido a la pandemia y a las circunstancias que se está viviendo en el Perú y en el mundo no se ha hecho posible tal actividad, por ende, se decidió darle otro enfoque al presente trabajo de investigación. Otra posible limitación fue que algunas tesis no estaban permitidas para verse públicamente por condiciones de los autores.

Las implicancias de este trabajo serán las siguientes:

- Ecológicas: Ya que el uso de cáscara de huevo en el concreto permitirá no usar las cantidades antes usadas de cemento, y así mismo con la disminución de la producción del mismo reduciría el impacto que el CO₂ afecta en el medio ambiente.
- Recursos: Se evitará usar muchos recursos tanto económicos, materiales, tiempo, entre otros ya que con el buen uso de los modelos matemáticos se podrá estimar la resistencia a la compresión del concreto con sustitución de la cáscara de huevo sin realizar probetas en el laboratorio.

- Sociales: Conociendo las virtudes de la cáscara de huevo en función a la elaboración de un concreto, la población usará estos materiales y/o residuos orgánicos ya que serían beneficios para ellos tanto como en accesibilidad a este material y además de ahorrar recursos.

4.2 Conclusiones

- A la edad de 7 días de curado: Con un 4% de sustitución de la combinación de cáscara de huevo con cenizas de eucalipto o cáscara de huevo con arcilla en el concreto; se obtiene que sustituyendo primera combinación alcanza una resistencia de 190 kg/cm² siendo superior a la sustitución de la segunda combinación la cual obtuvo una resistencia de 160 kg/cm². Con un 12% de sustitución de la primera combinación el concreto alcanza una resistencia de 194.2 kg/cm² siendo superior a la sustitución de la segunda combinación la cual obtuvo una resistencia de 139.5 kg/cm². Con un 20% de sustitución de la primera combinación el concreto alcanza una resistencia de 194.2 kg/cm² siendo superior a la sustitución de la segunda combinación la cual obtuvo una resistencia de 141 kg/cm².

Se concluye que a los 7 días de curado la resistencia a la compresión de la primera combinación asciende levemente respecto a la cantidad de porcentaje sustituido, por otro lado, la resistencia a la compresión de la segunda combinación disminuye hasta aproximadamente un 16% de sustitución, es ahí donde la resistencia empieza a tener un leve ascenso. Concluyendo que la primera mezcla alcanza un promedio de 16% de resistencia adicional que la segunda mezcla, a los 7 días de curado.

- A la edad de 14 días de curado: Con un 4% de sustitución de la combinación de cáscara de huevo con cenizas de eucalipto o cáscara de huevo con arcilla en el concreto; se obtiene que sustituyendo primera combinación alcanza una resistencia de 199 kg/cm² siendo ligeramente inferior a la sustitución de la segunda combinación la cual obtuvo una resistencia de 204 kg/cm². Con un 12% de sustitución de la primera combinación el

concreto alcanza una resistencia de 210 kg/cm² siendo superior a la sustitución de la segunda combinación la cual obtuvo una resistencia de 191.6 kg/cm². Con un 20% de sustitución de la primera combinación el concreto alcanza una resistencia de 240 kg/cm² siendo superior a la sustitución de la segunda combinación la cual obtuvo una resistencia de 154.6 kg/cm².

Se concluye que a los 14 días de curado la resistencia a la compresión de la primera combinación asciende respecto a la cantidad de porcentaje sustituido, por otro lado, la resistencia a la compresión de la segunda combinación disminuye. Concluyendo que la primera mezcla alcanza un promedio de 14% de resistencia adicional que la segunda mezcla, a los 14 días de curado.

- A la edad de 28 días de curado: Con un 4% de sustitución de la combinación de cáscara de huevo con cenizas de eucalipto o cáscara de huevo con arcilla en el concreto; se obtiene que sustituyendo primera combinación alcanza una resistencia de 205 kg/cm² siendo inferior a la sustitución de la segunda combinación la cual obtuvo una resistencia de 225 kg/cm². Con un 12% de sustitución de la primera combinación y la segunda combinación ambos alcanzan una resistencia a la compresión de 217.8 kg/cm². Con un 20% de sustitución de la primera combinación el concreto alcanza una resistencia de 253 kg/cm² siendo superior a la sustitución de la segunda combinación la cual obtuvo una resistencia de 166.6 kg/cm². Se concluye que a los 28 días de curado la resistencia a la compresión de la primera combinación asciende respecto a la cantidad de porcentaje sustituido; por otro lado, la resistencia a la compresión de la segunda combinación disminuye. Concluyendo

que la primera mezcla alcanza un promedio de 9% de resistencia adicional que la segunda mezcla, a los 28 días de curado.

- Se concluye que la combinación de la cáscara de huevo con cenizas de eucalipto alcanza su máxima resistencia a los 28 días con un porcentaje de sustitución en el concreto de 20%.
- Se concluye que la combinación de la cáscara de huevo con arcilla alcanza su máxima resistencia a los 28 días con un porcentaje de sustitución en el concreto de 6%.
- Se recomienda sustituir un 10% de cáscara de huevo con cenizas de eucalipto (relación de 3:1 de la cáscara de huevo y cenizas de eucalipto respectivamente) por el cemento en el concreto, si se requiere obtener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² en 28 días.
- Se recomienda sustituir un 14% de cáscara de huevo con arcilla (relación de 3:1 de la cáscara de huevo y arcilla respectivamente) por el cemento en el concreto, si se requiere obtener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² en 28 días.

4.3 Recomendaciones

- Se recomienda calibrar y validar los modelos matemáticos propuestos en esta investigación con ensayos de laboratorio para mejorar el análisis de comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto con dichas adiciones.
- Se recomienda realizar mayor cantidad de investigaciones que ayuden a pronosticar la resistencia a la compresión usando otros tipos de materiales ya sea orgánicos y/o residuales.
- Se recomienda realizar ensayos o investigaciones añadiendo la cáscara de huevo con otras adiciones en un diseño de mezcla para calcular su resistencia a la compresión, teniendo en consideración una relación de 3:1 (huevo: adición) como línea base de diseño.

REFERENCIAS

- Quispe, Martin & Alvarez, Yessika (2018) *Determinación de modelos matemáticos para estimar la resistencia a la compresión $f'c$ del concreto, en función a frecuencias de curado*. (Título profesional) Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
- Rendón, Paula & Esteban, Pedro (2013) *La modelación matemática en ingeniería de diseño*. (Artículo) Universidad de Antioquía & Universidad EAFIT, Santo Domingo, República Dominicana.
- Matías, Samuel (2018) *Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cáscara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto*. (Título profesional) Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Castro, David & Alfaro Jhon (2019) *Análisis comparativo de las propiedades físicas mecánicas del concreto de resistencias $f'c=210$ kg/cm², 280 kg/cm² y 350 kg/cm² sustituyendo material cementicio por cáscara de huevo*. (Título profesional) Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Camones, Jady (2018) *Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz*. (Título profesional) Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Saldaña, Juan (2018) *Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz*. (Título profesional) Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Jaimes, Victor (2018) *Resistencia de adoquines de concreto $f'c=320$ kg/cm², sustituyendo el cemento en 15% y 30% por una combinación de cáscara de huevo y vidrio molido*. (Título profesional) Universidad San Pedro, Huaraz, Perú.
- León, Bryan (2019) *Resistencia a la compresión en adobe, estabilizado en 2% y 3% con cenizas de cáscara de huevo y cáscara de arroz*. (Título profesional) Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Reyes, Miguel (2019) *Resistencia a compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² al sustituir al cemento en 4%, 6% y 8% por cáscara de huevo*. (Título profesional). Universidad San Pedro, Huaraz, Perú.
- Jordan, Michael (1999) *Learning in Graphical Models*. (Artículo). University of Glasgow, Estados Unidos.

- Alvarado, Ebert (2019) *Análisis del estado plástico y endurecido del concreto usando aditivo superplastificante y la cáscara de huevo molido en concretos con hormigón*. (Título profesional) Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Valdés, Jesús (2007) *La cáscara de huevo*. (Artículo). Centro de Investigación de bioelementos naturales Ministerio de Salud Pública, La Habana, Cuba.
- Ludovico, Antonio & Hideo César (2014) *Compuesto de cáscara de huevo y mortero de cemento portland*. (Artículo). Universidad Estatal de Campinas, San Pablo, Brasil.

ANEXOS

ANEXO N°1

Primero se calculó el promedio de las resistencias de los datos de las tesis según los porcentajes añadidos en cada muestra (en 2 tesis de elaboraron 9 probetas para cada muestra experimental para cada edad y en 1 tesis se elaboraron 6 probetas para cada muestra experimental para cada edad, las cuales cumplen con la NTP 339.034), las cuales fueron colocadas en los siguientes cuadros.

7 DIAS

% USADOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'C)		
	HUEVO Y EUCALIPTO	HUEVO	HUEVO Y ARCILLA
0%	187.8 kg/cm ²	223.85 kg/cm ²	174 kg/cm ²
10%	193.3 kg/cm ²		
12%			139.5 kg/cm ²
15%		232.9 kg/cm ²	
16%	194.2 kg/cm ²		
20%		246.55 kg/cm ²	141 kg/cm ²

14 DIAS

% USADOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'C)		
	HUEVO Y EUCALIPTO	HUEVO	HUEVO Y ARCILLA
0%	196.8 kg/cm ²	295.96 kg/cm ²	199 kg/cm ²
10%	206.8 kg/cm ²		
12%			191.6 kg/cm ²
15%		294.7 kg/cm ²	
16%	223.2 kg/cm ²		
20%		287.8 kg/cm ²	154.6 kg/cm ²

28 DIAS

% USADOS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F'C)		
	HUEVO Y EUCALIPTO	HUEVO	HUEVO Y ARCILLA
0%	210.2 kg/cm ²	322.88 kg/cm ²	218.1 kg/cm ²
10%	214.2 kg/cm ²		
12%			217.8 kg/cm ²
15%		335.2 kg/cm ²	
16%	232.6 kg/cm ²		
20%		313.4 kg/cm ²	166.6 kg/cm ²

Luego se agruparon las resistencias por cada mezcla.

HUEVO			
% USADOS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
0%	223.85 kg/cm ²	295.96 kg/cm ²	322.88 kg/cm ²
10%			
12%			
15%	232.9 kg/cm ²	294.7 kg/cm ²	335.2 kg/cm ²
16%			
20%	246.55 kg/cm ²	287.8 kg/cm ²	313.4 kg/cm ²

HUEVO Y EUCALIPTO			
% USADOS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
0%	187.8 kg/cm ²	196.8 kg/cm ²	210.2 kg/cm ²
10%	193.3 kg/cm ²	206.8 kg/cm ²	214.2 kg/cm ²
12%			
15%			
16%	194.2 kg/cm ²	223.2 kg/cm ²	232.6 kg/cm ²
20%			

HUEVO Y ARCILLA			
% USADOS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
0%	174 kg/cm ²	199 kg/cm ²	218.1 kg/cm ²
10%			
12%	139.5 kg/cm ²	191.6 kg/cm ²	217.8 kg/cm ²
15%			
16%			
20%	141 kg/cm ²	154.6 kg/cm ²	166.6 kg/cm ²

Después se agruparon las mezclas de acuerdo a los porcentajes añadidos en cada una de ellas.

CONCRETO PATRÓN Y CON CÁSCARA DE HUEVO			
DIAS	CONCRETO PATRON	CONCRETO CON 15% DE HUEVO	CONCRETO CON 20% DE HUEVO
7	195.22 kg/cm ²	232.90 kg/cm ²	246.55 kg/cm ²
14	230.59 kg/cm ²	294.70 kg/cm ²	287.80 kg/cm ²
28	250.39 kg/cm ²	335.20 kg/cm ²	313.40 kg/cm ²

CONCRETO CON HUEVO Y EUCALIPTO		
DIAS	CONCRETO CON 10% HUEVO Y EUCALIPTO	CONCRETO CON 16% HUEVO Y EUCALIPTO
7	193.30	194.20
14	206.80	223.20
28	214.20	232.60

CONCRETO CON HUEVO Y ARCILLA		
DIAS	CONCRETO CON 12% HUEVO Y ARCILLA	CONCRETO CON 20% HUEVO Y ARCILLA
7	139.50 kg/cm ²	141.00 kg/cm ²
14	191.60 kg/cm ²	154.60 kg/cm ²
28	217.80 kg/cm ²	166.60 kg/cm ²

Después se realizaron los gráficos de dispersión, en los cuales se realizaron líneas de tendencia polinómica de orden 2 ya que su valor de determinación es igual a 1 y es el ideal para realizar modelos matemáticos y/o ecuaciones porque permiten obtener un nivel de predicción más exacto.

LINEA DE TENDENCIA:

Cuando desee agregar una línea de tendencia a un gráfico en Graph, se puede elegir uno de los seis tipos diferentes de tendencia o regresión. El tipo de datos de que disponga determina el tipo de línea de tendencia que debe utilizar.

- Lineal:

Una línea de tendencia lineal es una línea recta que se ajusta perfectamente y que se utiliza con conjuntos de datos lineales simples. Los datos son lineales si la trama de los puntos de datos se parece a una línea. Una línea de tendencia lineal normalmente muestra que algo aumenta o disminuye a un ritmo constante.

- Logarítmica:

Una línea de tendencia logarítmica es una línea curva que se ajusta perfectamente y que es muy útil cuando el índice de cambios de los datos aumenta o disminuye rápidamente y después se estabiliza. Esta línea de tendencia logarítmica puede utilizar valores positivos o negativos.

- Polinómica:

Una línea de tendencia polinómica es una línea curva que se utiliza cuando los datos fluctúan. El orden del polinomio se puede determinar mediante el número de fluctuaciones en los datos o

en función del número de máximos y mínimos que aparecen en la curva. Una línea de tendencia polinómica de Orden 2 suele tener sólo un máximo o un mínimo. Una de Orden 3 normalmente tiene uno o dos máximos o mínimos.

- Potencial:

Una línea de tendencia de potencia es una línea curva que se utiliza con conjuntos de datos que comparan medidas que aumentan a un ritmo concreto, por ejemplo, la aceleración de un automóvil de carreras a intervalos de un segundo. No es posible crear una línea de tendencia de potencia si los datos contienen valores cero o negativos.

- Exponencial:

Una línea de tendencia exponencial es una línea curva que es muy útil cuando los valores de los datos aumentan o disminuyen a intervalos cada vez mayores. No es posible crear una línea de tendencia exponencial si los datos contienen valores cero o negativos.

- Media móvil:

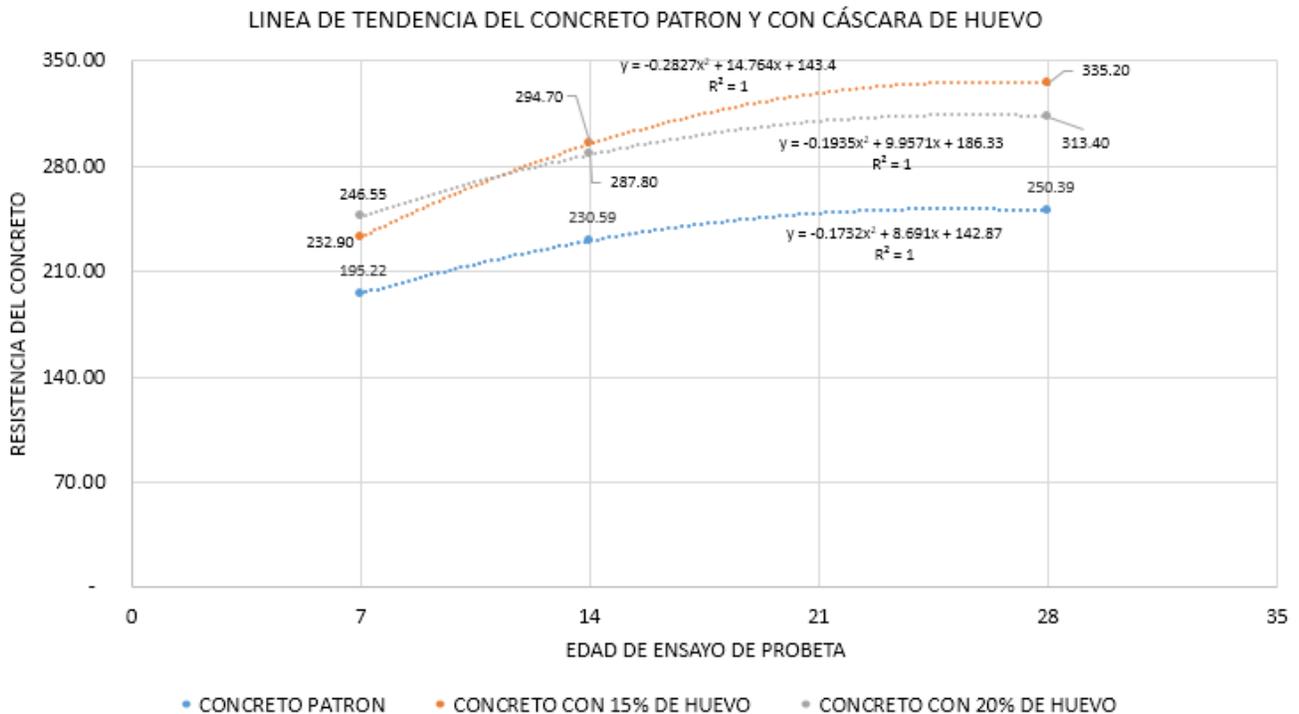
Una línea de tendencia de media móvil atenúa las fluctuaciones en los datos para mostrar con mayor claridad la trama o la tendencia. Esta línea de tendencia de media móvil utiliza un número concreto de puntos de datos (establecido por la opción Período), hace un promedio de los mismos y utiliza el valor del promedio como punto en la línea de tendencia.

CONFIABILIDAD DE LA LÍNEA DE TENDENCIA:

Una línea de tendencia es más confiable cuando su valor R-cuadrado está establecido en 1 o cerca de 1. Cuando ajusta los datos a una línea de tendencia, Graph automáticamente calcula su valor R-cuadrado

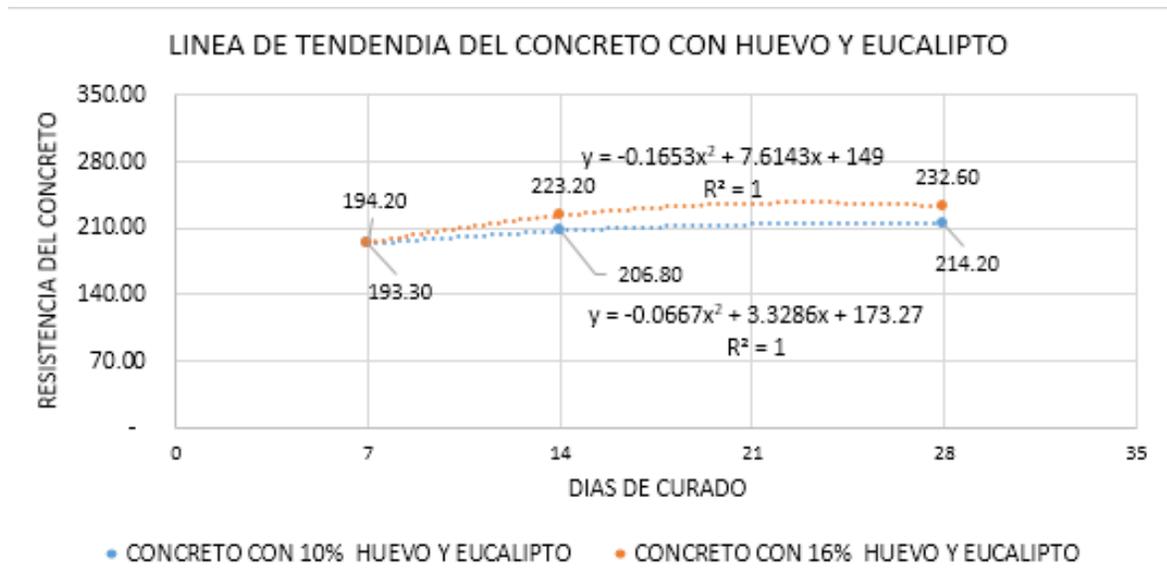
ANEXO N°2

1. Se plasman los datos en el cuadro de dispersión, para insertar las líneas de tendencia polinómica de 2do grado y posteriormente originar sus respectivos modelos matemáticos, los cuales tienen su coeficiente de determinación (R^2) igual a 1.



ANEXO N°3

1. Se plasman los datos en el cuadro de dispersión, para insertar las líneas de tendencia polinómica de 2do grado y posteriormente originar sus respectivos modelos matemáticos, los cuales tienen su coeficiente de determinación (R^2) igual a 1.



ANEXO N°4

1. Se plasman los datos en el cuadro de dispersión, para insertar las líneas de tendencia polinómica de 2do grado y posteriormente originar sus respectivos modelos matemáticos, los cuales tienen su coeficiente de determinación (R^2) igual a 1.

