



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis comparativo entre la resistencia a la compresión del Concreto Tradicional y Concreto Modificado con Cal de Conchas de Abanico”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

JIMMY DUSTIN HUAYTA ALPACA

ASESOR:

ING. ALEX ARQUÍMEDES HERRERA VILOCHE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

TRUJILLO – PERÚ

2019

PÁGINA DEL JURADO

PRESIDENTE

ING. ALAN YORDAN VALDIVIESO VELARDE

SECRETARIO

ING. MARLON GASTÓN FARFÁN CÓRDOVA

VOCAL

ING. ALEX ARQUÍMEDES HERRERA VILOCHE

DEDICATORIA

A Dios, por permitir ser mejor a través de su infinito amor, llegando a este momento tan especial en mi vida; el cual estuvo rodeado de triunfos y situaciones difíciles que sirvieron de base para desarrollar valores.

A mi madre y esposa por ser las personas que en los momentos difíciles siempre están para apoyarme y brindarme tranquilidad, con el optimismo y el deseo de que logre mi objetivo.

A mis hijos, que son el engranaje principal en el transitar de mi vida, por enseñarme la importancia de la familia.

A la Universidad César Vallejo y en especial a la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil por permitirme ser parte de una raza diferente.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida, guiándome y protegiéndome en el camino.

A la Universidad César Vallejo, a la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por intermedio de los docentes que brindaron su apoyo en los conocimientos, por su tiempo, dedicación, apoyo; incentivando y motivando cada día más el ímpetu por la investigación.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Jimmy Dustin Huayta Alpaca, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 29671607; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

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

Trujillo, febrero del 2019

Jimmy Dustin Huayta Alpaca

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos, de la Universidad César Vallejo de Trujillo, presento ante ustedes la tesis titulada: “Análisis comparativo entre la resistencia a la compresión del Concreto Tradicional y Concreto Modificado con Cal de Conchas de Abanico”, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Agradezco por los aportes y sugerencias brindadas a lo largo del desarrollo del presente estudio y de esta manera realizar una investigación más eficiente. El trabajo mencionado determina la influencia que tiene la cal de conchas de abanico usado como un aditivo para mejorar la resistencia a compresión del concreto a diferentes edades de curado.

Jimmy Dustin Huayta Alpaca

ÍNDICE

Página del jurado.....	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Presentación	vi
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad Problemática.....	12
1.2. Trabajos previos	13
1.3. Teorías relacionadas al tema	17
1.3.1. El concreto.....	17
1.3.2. Resistencia del concreto	21
1.3.3. Morteros de cal y cemento portland.....	21
1.4. Formulación del Problema	23
1.5. Justificación del estudio	23
1.6. Hipótesis.....	24
1.7. Objetivos	24
1.7.1. Objetivo General	24
1.7.2. Objetivos Específicos.....	24
II. MÉTODO.....	25
2.1. Diseño de investigación	25
2.2. Variables Operacionalización	25
2.2.1. Variables:	25
2.2.1 Matriz de Operacionalización	25
2.3. Población y muestra	26
2.3.1. Población:.....	26
2.3.2. Muestra:.....	26
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	27
2.5. Métodos de análisis de datos	27
2.6. Aspectos éticos.....	27
III. RESULTADOS.....	28
3.1. Análisis de cal de conchas de abanico.....	28

3.2.	Análisis de agregados.....	28
3.2.1.	Granulometría y módulo de fineza.....	28
3.2.2.	Peso específico y porcentaje de absorción	31
3.2.3.	Peso unitario.....	35
3.2.4.	Contenido de humedad.....	38
3.3.	Diseño de mezcla según el ACI 211	40
3.3.1.	Características de los agregados.....	40
3.3.2.	Determinar la resistencia requerida.....	41
3.3.3.	Determinar la resistencia promedio.....	41
3.3.4.	Tamaño máximo nominal (TMN).....	41
3.3.5.	Determinación del asentamiento (slump).....	41
3.3.6.	Determinación del volumen unitario del agua para el diseño	42
3.3.7.	Determinación del contenido de aire.....	42
3.3.8.	Determinación de la relación agua/cemento (w/c), por resistencia y durabilidad... 43	
3.3.9.	Determinación del Factor Cemento.....	45
3.3.10.	Selección del peso del Agregado Grueso.....	45
3.3.11.	Cálculo de los volúmenes absolutos de los materiales.....	46
3.3.12.	Cálculo del Peso del Agregado Fino (A_G).....	48
3.3.13.	Valores de diseño en estado seco.....	48
3.3.14.	Corrección de valores de diseño por humedad.....	48
3.3.15.	Pesos corregidos por humedad.....	500
3.3.16.	Proporciones en peso.....	500
3.4.	Pesos para la elaboración de los testigos de concreto.....	511
3.4.1.	Volumen de probeta.....	511
3.4.2.	Volumen del cono de abrams.....	511
3.4.3.	Pesos para la elaboración de testigos	511
3.5.	Consistencia de la mezcla (slump).....	522
3.6.	Cálculo de la resistencia de los testigos sometidos a cargas de compresión.....	52
3.7.	Rotura de testigos.....	53
3.8.	Análisis estadístico.....	55
IV.	DISCUSIÓN	57
4.1.	Asentamiento del concreto.....	57
4.2.	Comparación entre probetas de concreto tradicional y con CCA.....	57
4.3.	Análisis estadístico.....	58
V.	CONCLUSIONES	600

VI. RECOMENDACIONES	60
VII. REFERENCIAS	61
VIII.ANEXOS.....	65

RESUMEN

La presente investigación se ha realizado para determinar el efecto de la cal de conchas de abanico en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con cemento portland tipo Ico, agregados y la adición de cal de conchas de abanico (CCA) en los diferentes porcentajes. Para ello se determinaron las características físico – mecánicas de los agregados según las normas N.T.P. 400.037 y ASTM C22, luego se realizó el diseño de mezcla por el método ACI. Se elaboraron y curaron probetas de concreto con 0%, 3%, 4% y 5% de CCA para ser analizados a los 14 y 28 días de edad. Los resultados mostraron que la resistencia a compresión a los 28 días fue de 220.34 kg/cm^2 al adicionar 3% de CCA, incrementándose con respecto al patrón en 26%, para la adición de 4% $f'c = 216.74 \text{ kg/cm}^2$, y para 5% alcanzó $f'c = 214.86 \text{ kg/cm}^2$, superando en todos los casos al diseño de mezcla. Se concluye que la cal de conchas de abanico aumenta la resistencia del concreto, siendo el porcentaje con mayor incidencia 3%.

Palabras clave: conchas de abanico, concreto, resistencia, cal.

ABSTRACT

The present investigation has been carried out to determine the effect of scallop lime on the concrete compressive strength $f'_c = 175 \text{ kg / cm}^2$ with portland type Ico cement, aggregates and the addition of scallop lime (CCA) in the different percentages. To do this, the physical and mechanical characteristics of the aggregates were determined according to the N.T.P. 400,037 and ASTM C22, then the mix design was performed by the ACI method. Concrete specimens were prepared and cured with 0%, 3%, 4% and 5% CCA to be analyzed at 14 and 28 days of age. The results showed that the resistance to compression at 28 days was 220.34 kg/cm^2 when adding 3% of CCA, increasing with respect to the standard in 26%, for the addition of 4% $f'_c = 216.74 \text{ kg/cm}^2$, and for 5% it reached $f'_c = 214.86 \text{ kg/cm}^2$, exceeding in all cases the mix design. It is concluded that the lime of fan shells increases the resistance of the concrete, being the percentage with the highest incidence 3%.

Keywords: fan shells, concrete, resistance, lime.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En las últimas décadas se han venido buscando nuevos materiales para la elaboración de concreto, que generalmente provienen de desechos de procesos constructivos e industriales, que reemplace en parte al cemento portland o a los agregados; principalmente por cuestión de costos, durabilidad y un buen comportamiento ambiental. Estas razones ponen a la vanguardia los avances en la tecnología del concreto, los cuales han evidenciado una evolución sin precedentes con el uso de aditivos superfluidificadores, puzolánicos o cementantes tales como humo de sílice, ceniza volante, ceniza de cáscara de arroz y escoria de alto horno granulada molida. (Mehta, 2000)

Se han ensayado con distintos materiales de origen natural, pero uno de los que han cobrado importancia son los moluscos que poseen valvas, en particular la concha de abanico, ya que presentan características que favorecen su uso como reemplazo parcial de los agregados en concreto (Nizama, 2014). También, el efecto que puede producir en el concreto depende de su distribución granulométrica, verificándose que tiene mayor efecto en forma triturada en las propiedades del concreto fresco, más que en su estado endurecido. (Saavedra, 2016)

Como se viene diciendo, las valvas se están utilizando para realizar concretos como remplazo en un porcentaje de los agregados. Según Montejó Alfonso, Montejó F. y Montejó Alejandro (2013), las valvas presenta un alto contenido de calcio, y este compuesto es muy importante en el cemento, ya que los silicatos de calcio (C_3S y C_2S) son el principal componente que se requiere porque al hidratarse en forma de silicatos hidratados de calcio que son los responsables de la resistencia mecánica y otras propiedades del concreto; el C_3S es el responsable de aportar la resistencia a mediano y corto plazo, el C_2S a mediano y largo plazo; es decir, el trabajo de estos componentes es vital para que se realice de una manera adecuada y así lograr el objetivo.

Nuestro país actualmente es uno de los principales exportadores de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), y se calcula que entre 200 a 300 toneladas métricas podrían

ser exportadas al año que significaría unos 100 millones de dólares de ingresos para el Perú, dando ingresos y empleo a 45 mil personas que viven de esta actividad (El Comercio, agosto 2018). Una de las zonas principales de cultivo de este molusco es la bahía de Sechura (Piura), siendo una de las 20 áreas de producción a nivel nacional (Andina, octubre 2018). Pero también existe la otra realidad, estamos generando una gran contaminación debido al desecho de las partes duras de este molusco bivalvo, las cuales son desechadas por las plantas de procesamiento primario a un botadero con la autorización o no de las autoridades locales.

En consecuencia, los botaderos de residuos de conchas de abanico se han convertido en un problema ambiental que trasciende nuestras fronteras, por ello se busca una alternativa que minimice el impacto y a la postre solucione este problema, es así como en su aprovechamiento de este recurso se han venido realizando investigaciones que tienen como fin la utilización de los residuos de moluscos en el concreto (Fondecyt, octubre 2016).

Finalmente, en esta investigación aprovecharemos este recurso (valvas) no como reemplazo parcial de los agregados, sino en su forma de cal de conchas de abanico como reemplazo parcial del cemento para cuantificar su participación en la resistencia a la compresión del concreto.

1.2. Trabajos previos

Como parte de la mejor comprensión del uso de este recurso en la construcción, se describen en esta sección investigaciones que dan cuenta del comportamiento de la concha de abanico como componente en la mezcla de concreto.

Hung et al. (2018), en su investigación titulada “Recycling of seashell waste in concrete: A review”, tuvieron como objetivo incorporar subproductos y desechos de diferentes industrias como alternativas en concreto y reducir la dependencia de los materiales vírgenes para la construcción. Se realizaron experimentos usando los desechos de conchas marinas, conchas de ostras, conchas de mejillón y conchas de vieira, entre otras especies disponibles en grandes cantidades en ciertas regiones y, por lo general, en botaderos sin ningún valor de reutilización. Concluyeron que los

desechos de conchas marinas podrían utilizarse como un agregado parcial de hasta 20% para una trabajabilidad y resistencia del concreto adecuadas para fines no estructurales.

Varhen, Carrillo y Ruíz (2017), en su investigación titulada “Experimental investigation of Peruvian scallop used as fine aggregate in concrete”, tuvieron como objetivo evaluar el uso de vieira peruana como agregado fino en el concreto. Se trabajó con concreto a los 7, 28 y 90 días de curado. Se determinó que los efectos de la vieira dependen del tamaño, forma y disposición de las partículas en la mezcla de concreto; el % de reemplazo es variable pero se sugiere un máximo de 40% para un tamaño de partícula entre 1.19 y 4.75 mm, siendo el óptimo 5%. Finalmente se concluyó que la vieira peruana se puede usar como reemplazo de agregado fino en concretos convencionales.

Castañeda (2017), en su investigación titulada “Análisis de la granulometría de la concha de abanico triturada para su uso como agregado en concretos”, evaluó el efecto del residuo de concha de abanico (RCA) triturado como agregado total en mezclas de concreto; logró determinar que la forma de las partículas son alargadas y chatas en la fracción gruesa, y muy angulosas en la fracción fina, lo cual produce una disminución de la trabajabilidad en estado fresco; además, se comprobó que al reemplazar en un 20% y 40% se obtuvo una resistencia máxima de 273.39 kg/cm² a los 28 días de curado. Finalmente concluyó que no se puede usar como agregado fino o grueso en su totalidad por que obligaría a tener más pasta; de otro habría un gran ahorro en su uso y se combatiría la contaminación, pero por sus características muy finas y de formas angulosas, no es posible aprovecharlo en su totalidad.

Saavedra (2016), en su investigación titulada “Interacción de la concha de abanico triturada con los agregados triturados y redondeados en mezclas de concreto”, tuvo como objetivo mejorar la resistencia del concreto mediante la incorporación de los residuos de conchas de abanico triturado con el concreto, con tamaño de partícula 4.76 y 1.19 milímetros. Se realizaron dos mezclas de concreto con diseño para una resistencia a compresión de 210 kg/cm², reemplazando el agregado fino en porcentaje de peso (5%, 20%, 40% y 60%), obteniendo resistencias máximas de 274 kg/cm², 247

kg/cm², 245 kg/cm² y 238 kg/cm² respectivamente a los 28 días de curado. Concluyó que al adicionar mayor porcentaje de conchas trituradas la resistencia a la compresión disminuye.

Farfán (2015), en su tesis titulada “Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasante arenosas”, tuvo como objetivo evaluar el uso de la concha de abanico triturada como estabilizador mecánico de suelos por cambio de granulometría. El uso de las conchas de abanico trituradas se utiliza para el mejoramiento de la base subrasante en carreteras que contienen un gran porcentaje de arena. Se realizaron cuatro tipos de mezcla de acuerdo a norma ASTM D-1241. Los resultados obtenidos demostraron que dichos moluscos tienen una resistencia parecida a los agregados pétreos, lo cual es un indicador de mejora para el CBR de suelos arenosos. Concluyó que al agregar un 45% de conchas mejora la granulometría, brindando partículas gruesas a los suelos con presencia de limos y arenas, también proporciona vacíos que no son posibles rellenar completamente.

Nizama (2014), en su trabajo titulado “Valoración de residuos crustáceos para concretos de baja resistencia”, estudió el uso de las conchas de abanico como reemplazo parcial de los agregados en concreto; reemplazó 20%, 40% y 60% en peso del agregado grueso por conchas trituradas. Los resultados mostraron una trabajabilidad mejorada (de 17 cm pasa a 2.5 cm) y una disminución de la resistencia a la compresión a medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo, de 289Kg/cm² a 195Kg/cm², reemplazando el 60% del agregado. Finalmente concluyó que la adición de este molusco disminuye la resistencia.

Flores y Mazza (2014), en su investigación “Utilización de residuos de concha de abanico como mejoramiento en las propiedades resistentes del concreto”, determinaron la resistencia a la compresión de mezclas de concreto con la adición de 5%, 10% y 15% de residuos calcáreos de conchas de abanico y compararlas con la resistencia de una mezcla convencional. Se elaboraron probetas de concreto que fueron sometidos a cargas de compresión a edades de 7, 14, 21 y 28 días. Concluyeron que la adición de residuos calcáreos mejora la resistencia en 265.5 Kg/cm²,

247.5Kg/cm² y 240.5Kg/cm² respectivamente, pero a mayor adición de residuos calcáreos disminuye su resistencia y el asentamiento (Slump) en 1''.

Wen, Her, Chun y De (2013) en su investigación titulada "Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells", evaluaron el uso de los residuos de conchas de ostras (valva) como materiales controlados de baja resistencia, reemplazando al agregados fino en 5%, 10%, 15% y 20%, y al cemento en un 20% de cenizas volantes. Los resultados mostraron que no hubo una reducción significativa en la resistencia a la compresión hasta en un 20% del reemplazo de arena, y una cantidad adecuada de cenizas volantes. Se concluyó que los residuos de conchas de ostras puede ser un recurso a utilizar en proporciones adecuadas al reemplazar al agregado fino.

Nguyen, Boutouil, Sebaibi, Leleyter y Baraud (2013) en su investigación titulada "Valorization of seashell by-products in pervious concrete pavers", estudiaron el uso de la concha marina como un reemplazo parcial de agregados en adoquines de concreto permeable considerados como un material de construcción. El agregado grueso se reemplazó parcialmente en 20% y 40% en masa por subproductos de caracoles al preparar adoquines de concreto. Concluyeron que los subproductos de la concha marina pueden ser utilizados como agregado, alcanzando una resistencia a la compresión de 16 y 15 MPa para adoquines de concreto permeables al control y aquellos basados en subproductos concha, respectivamente.

Eun-Ik, Myung-Yu, Hae-Geun y Tae-Yi (2010), en su investigación "Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete", evaluaron el uso de conchas de ostras trituradas (OT) como reemplazo parcial de arena (agregado fino) saturada en superficie seca, es decir, se investigaron las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto a largo plazo. Los resultados indicaron que la resistencia a largo plazo del concreto con un 10% de OT es casi idéntica a la del concreto normal. Sin embargo, con un 20% de OT es notoriamente menor que la del concreto normal. Concluyeron que a mayor sustitución de OT tiende a influir negativamente en la resistencia a largo plazo del concreto. El módulo elástico del concreto con reemplazo de OT disminuye a medida que aumenta la proporción de la

mezcla de sustitución. Específicamente, el módulo se reduce en aproximadamente un 10-15% cuando se usa OT para el 20% del agregado fino.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. El concreto

Es una mezcla compuesta por cemento, agregado fino o arena, agregado grueso y agua; según sea el caso también puede utilizar aditivos con el fin de aumentar o retardar su resistencia o mejorar su trabajabilidad. Dado un tiempo de fraguado y endurecido es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión, su principal componente es el material cementante que ocupa el 7% y el 15%. El material cementante incluye cemento Portland hidráulico y, de acuerdo a la tendencia actual, con creciente frecuencia también incluye adiciones cementantes; y estas últimas pueden estar incluidas en el cemento (cemento adicionado) o se pueden añadir directamente como un componente más. (Sánchez, 2011).

Hay que resaltar que el concreto tradicional es aquel que tiene en su composición agua, cemento, agregado fino y grueso; y el concreto modificado es aquel en el cual uno o más componentes ha sido reemplazado o sustituido parcial o totalmente.

Componentes del concreto:

Dentro de los componentes del cemento figuran: el cemento, agregado fino, agregado grueso, agua potable y aditivos.

a. El cemento:

El cemento es un conglomerante hidráulico que al ser amasado con agua fragua y endurece ya sea expuesto al aire libre o también sumergido en el agua siendo utilizado como un material indispensable para la construcción de cualquier tipo de obra civil. En el mercado actual existe el cemento Portland este fue usado desde el año 1824 que tiene como creador a Joseph Aspdin (Neville, 1998).

Tipos de cemento

En el mercado actual encontramos una variedad de tipos de cemento para una finalidad diferente, ya sea por su duración o su resistencia a los diferentes climas (Montejo et al., 2013).

- **Cemento portland de tipo I:**

Este tipo de cemento es de uso general, usado en obras que no están en contacto directo con climas agresivos o aislados de sulfatos, ya sea que estén presentes en el suelo o en el agua. Se usan en pavimentos, edificación, líneas férreas, puentes y otros.

- **Cemento portland de tipo II:**

Usado en obras con presencia de sulfatos en escala moderada, en estructuras donde la napa freática esta elevada. Se emplea en obras como muros de contención, estribos y pilas de gran masa. Su principal función es reducir la temperatura en climas cálidos.

- **Cemento portland de tipo III:**

Útil para lograr resistencia en poco tiempo, en una semana o menos. Sus propiedades físicas son similares a las del cemento portland de tipo I, pero sus partículas son más finas, se usa en obras donde se necesitan ser removidas en poco tiempo.

- **Cemento portland de tipo IV:**

Usado para minimizar la cantidad de calor generado por la hidratación. Desarrolla su resistencia a una velocidad más lenta, y es usado en estructuras de concreto masivo como presas de gravedad grandes, donde el aumento de temperatura resultante en el transcurso del endurecimiento se tenga que conservar el menor valor posible.

- **Cemento portland adicionados:**

También existen cementos a base de Clinker Portland adicionado con una proporción de otro material, adquiriendo propiedades aglomerantes al mezclarse con este; así se tienen: escorias de alto horno molidas como cenizas volantes y otras puzolanas. En este grupo encontramos al cemento Ico, siendo el más usado en las estructuras donde no existe presencia de salitre.

Composición química del cemento portland (tipo i):

Los componentes principales y más importantes son la Cal combinada, Sílice, Alúmina y Hierro, pero la base es la cal. Las características y propiedades del

cemento portland están ligadas a su composición química (Gómez y Niño, 2010), la cual se detalla a continuación:

Cal combinada	CaO.....	62.5%
Sílice	SiO ₂	21%
Alúmina	AL ₂ O ₃	6, 5%
Hierro	Fe ₂ O ₃	2.5%
Azufre	SO ₃	2%
Cal libre	CaO.....	0%
Magnesia	MgO.....	2%
Perdida al fuego	P.F.....	2%
Residuo insoluble	R.I.....	1%
Álcalis	Na ₂ O +K ₂ O.....	0.5%

b. Agregado fino:

La NTP 400.037 sostiene que son partículas provenientes de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8´´) y queda retenido en el tamiz N° 200. Consistirá en arena natural, arena manufacturada o una combinación de ellas.

Se usa como llenante actuando como lubricante entre los agregados gruesos, dándole manejabilidad al concreto. Un buen agregado fino debe ser bien gradado para que puedan llenar todos los espacios y producir mezclas más compactas.

c. Agregado grueso:

La NTP 400.037 sostiene que es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca. Este agregado consistirá en grava, piedra chancada, concreto reciclado, o la combinación de ellos.

d. Agua:

Según la NTP 339.088 el agua para concreto es un componente que se utiliza para generar las reacciones químicas en los cementantes del concreto hidráulicos o del mortero de cemento Portland. Debe ser potable, aunque no necesariamente el agua que es buena para beber es buena para el Concreto.

e. Aditivos:

Según el Comité 116 del Instituto Americano de Concreto (ACI 116), son “materiales distintos del agua, de agregados, cemento hidráulico y refuerzo de fibra, utilizado como ingrediente de una mezcla de cemento para

modificar sus propiedades en estado fresco (trabajabilidad, exudación, bombeabilidad), fragua y estado endurecido (resistencia, permeabilidad, durabilidad, abrasión), y puede ser añadido al concreto antes o durante el proceso de mezclado”. En general, la cantidad de aditivo representa el 1% de la dosificación de la mezcla.

Según la NTP 334.088 se clasifican en: reductores de agua (Tipo A), retardantes (Tipo B), acelerantes (Tipo C), reductores de agua y retardantes (Tipo D), reductores de agua y aceleradores (Tipo E), reductores de agua de alto rango (Tipo F), reductores de agua de alto rango y retardante (Tipo G).

Tipos de concretos:

El Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (IMCYC), refiere los siguientes tipos de concreto por su resistencia: De baja resistencia ($< 150 \text{ kg/cm}^2$), resistencia moderada (entre 150 y 250 kg/cm^2), normal (entre 250 y 420 kg/cm^2), muy alta resistencia (entre 400 y 800 kg/cm^2) y alta resistencia temprana (80% de resistencia a 1 o 3 días).

Propiedades del concreto:

a. En estado fresco:

Trabajabilidad.- facilidad para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación.

Consistencia.- grado de humedecimiento de la mezcla fresca, dependiendo de la cantidad de agua usada; también indica grado de fluidez.

Plasticidad.- estado en que puede ser fácilmente moldeado, ni muy fluida ni muy seca.

Otras.- segregación, exudación y temperatura.

b. En estado endurecido:

- Características físico-químicas:

Impermeabilidad.- capacidad del concreto para impedir el paso del agua a través del mismo.

Durabilidad.- habilidad para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico, abrasión, y cualquier otro proceso, que produzcan deterioro del concreto.

Resistencia térmica.- capacidad del concreto para resistir los cambios de temperaturas.

- Características mecánicas:

Resistencia a la compresión.- es el esfuerzo máximo que puede soportar el concreto bajo una carga de aplastamiento.

Resistencia a la flexión.- es el esfuerzo máximo que puede soportar una viga a flexión antes de que se agriete.

1.3.2. Resistencia del concreto

El concreto es un material capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión, todo depende de sus propiedades físicas, mecánicas, químicas de sus componentes, los agregados y la interface pasta – agregados, estos son modificados por procesos de colocación y condiciones de curado. Desde el punto de vista de la resistencia a compresión se considera que un concreto es de resistencia normal cuando no supera los 42MPa. Actualmente se considera que un concreto es de alta resistencia cuando esta es superior a 42MPa e inferior a 100 MPa, a 28 días (Gómez y Niño, 2010).

La relación agua cemento es un factor muy importante que incide en la resistencia y que tiene gran influencia en las propiedades del concreto, de manera que entre mayor sea el contenido de agua de mezclado, menor será la resistencia del concreto. Para un concreto perfectamente compactado, empleando materiales con las mismas características y condiciones del ensayo, la resistencia, a una edad dada, es inversamente proporcional a la relación agua/cemento (Gómez y Niño, 2010).

1.3.3. Morteros de cal y cemento portland

La cal es un material que nos ayuda a tener una buena trabajabilidad, gracias a la retención de agua y su alta resistencia. Esto se usa en morteros para disminuir un porcentaje de cantidad de cemento por ello se le conoce también como morteros de cemento rebajados. Si el contenido de cemento es alto, las características serán alta resistencia y poco tiempo de trabajabilidad disponible entre amasado y colocación; será más o menos trabajable y habrá contracciones

si está muy seco. Si el contenido de cal es alto tendrá menos resistencia será mayor el tiempo de manejabilidad, será más plástico y permeable, pero mostrara más retracción. Para lograr las condiciones deseadas debe buscarse una combinación adecuada (Sánchez, 2011).

De otro lado, el mortero con 25% de cal en reemplazo del cemento a edad de 28 días, desarrolla una óptima adherencia inicial. Según el análisis estadístico se espera que los morteros con adición de cal para edades mayores a 90 días, adquieran una buena adherencia y aumenten con forme se completa el proceso de carbonatación. Cuanto mayor es la proporción de cal en el mortero menor es la retracción. El mortero con 60% de cal en reemplazo del cemento solo se contrae 0.5% en volumen, mientras que el mortero patrón se contrae el 1% en volumen. Los morteros con adición de cal presentan mayor resistencia a los sulfatos y soluciones dañinas que pudiese estar en el medio ambiente o terreno (Meza, 2004).

La cal es un material usado por el hombre desde la antigüedad y también el más usado en la actualidad, su uso se da en diferentes áreas tales como agricultura, refinación, captación de iones y también en pozos de extracción de petróleo. La cal ha permitido al hombre la creación de civilizaciones dando paso a pequeñas y grandes edificaciones. En la actualidad el uso de este material da como solución ambiental en el tratamiento de aguas residuales, como descontaminante de suelos con presencia de metales, es un controlador en derrame de petróleo, usado en refinación de acero (Anfacal, 2007).

En el rubro de la construcción, se usa en la elaboración de concretos siendo el reemplazo de un porcentaje de cemento, esto depende del diseño de mezcla que se realice usándose como mezcla de aditivo para estabilizar arcillas en los agregados. Durante el fraguado se usa para proteger el concreto mediante su retención de agua durante largos tiempos. El calcreto en un concreto que lleva como material principal la cal en una mezcla con cenizas volcánicas, la adición de arena y arcilla la convierten en muy resistente (Anfacal, 2007).

1.4. Formulación del Problema

¿Cuál es el análisis comparativo la resistencia a la compresión del concreto tradicional y el concreto modificado con cal de conchas de abanico?

1.5. Justificación del estudio

Justificación técnica:

El concreto es uno de los materiales más usados en el rubro de la construcción, debido a su trabajabilidad y versatilidad para adaptarse a cualquier espacio o molde donde sea vertido, y por las características de las rocas que adquiere finalmente. En su composición intervienen materiales que contribuyen a resistir esfuerzos durante la funcionalidad de los elementos estructurales; y es en ese sentido que se consideró añadir otro elemento como es cal de concha de abanico, proveniente de un molusco con un caparazón netamente resistente y con contenido importante de calcio, componente que contribuye a las propiedades mecánicas del concreto, al ambiente y a la reducción de costos.

Justificación metodológica:

Este estudio se realizó con el fin de determinar una dosificación óptima del material incorporado que contribuya a la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, todo ello a luz de los ensayos de las normas técnicas establecidas (NTP) realizados en laboratorio. Además, permitirá ser un referente para otras investigaciones que busquen nuevas alternativas en la elaboración de mezclas de concreto que aporten resistencia con un sentido de protección al ambiente.

Justificación práctica:

Con este estudio se pretende demostrar el aprovechamiento de los residuos de este molusco, como es el caparazón de las conchas de abanico, para generar Cal y luego incorporarla como componente importante al concreto con el fin de obtener mejores resultados en su resistencia. Además, al reutilizar este desecho orgánico se estaría contribuyendo con la reducción de la contaminación y la reducción de CO₂ por la producción de cemento.

1.6. Hipótesis

La Cal de Conchas de Abanico incorporada al concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ incrementa su resistencia a la compresión en comparación con el concreto tradicional.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la Cal de Conchas de Abanico en la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades químicas de la cal de conchas de abanico
- Determinar las propiedades físico – mecánicas de los agregados.
- Realizar el diseño de mezcla utilizando el método ACI.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ tradicional y el modificado a diferentes porcentajes (3%, 4% y 5%) de cal de conchas de abanico.
- Comparar las resistencias de ambos tipos de concreto a través del análisis estadístico.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

La presente investigación tendrá un diseño experimental puro con pos prueba únicamente y grupo control (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), cuyo esquema es el siguiente:

RG ₁	_____	O ₁
RG ₂	X ₁	O ₂
RG ₃	X ₂	O ₃
RG ₄	X ₃	O ₄

Donde:

RG_i = Representan las probetas de concreto, tanto control (RG₁) como experimentales (RG₂₋₄).

O_i = Representan la medición de la resistencia a la compresión de las probetas.

X_i = Proporción de Cal de Conchas de Abanico (X₁=3%, X₂=4% y X₃=5%).

2.2. Variables Operacionalización

2.2.1. Variables:

- Cal de conchas de abanico (independiente).
- Resistencia a la compresión del concreto (dependiente)

2.2.2. Matriz de Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Cal de conchas de abanico	La cal es un derivado de la calcinación de piedras calizas, pueden ser muy puras; altamente cálcicas y altamente hidráulicas (García, 2015).	Se trabajó con proporciones de 3%, 4% y 5% para las diferentes mezclas.	Mejora la resistencia del concreto No mejora la resistencia del concreto	Nominal
Resistencia a la compresión del concreto	El concreto es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión, dependiendo de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de sus componentes (Gómez y Niño, 2010).	Se realizó la medición de la resistencia a la compresión utilizando la norma NTP 339.034 (1999).	Kg/cm ²	Razón

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población:

El universo poblacional está constituido por la mezcla de Concreto tradicional y el modificado con la adición de cal de conchas de abanico.

Se consideró:

- Cemento Pacasmayo extrafuerte (Tipo Ico)
- Aditivo: cal de conchas de abanico
- Diseños de mezclas realizados en la ciudad de Trujillo, bajo condiciones de laboratorio.

2.3.2. Muestra:

El número mínimo de especímenes considerados, de acuerdo a NTP 339.183, es de 3 para cada edad y por cada porcentaje de CCA, resultando cada valor del promedio de dos ensayos. La cantidad de probetas que se consideraron fue como se indica a continuación:

CANTIDAD DE PROBETAS					
Días de curado	Concreto Tradicional (patrón)	Concreto con 3% de Cal	Concreto con 4% de Cal	Concreto con 5% de Cal	TOTAL
14	6	6	6	6	24
28	6	6	6	6	24
TOTAL	12	12	12	12	48

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

- **Técnica:**

Se utilizó la observación experimental, con la participación directa del investigador.

- **Instrumento:**

Se utilizó la Ficha de observación, en la cual se anotaron los datos obtenidos de las mediciones.

2.5. Métodos de análisis de datos

Los datos obtenidos se almacenaron en el programa Excel para presentar los resultados descriptivos a través de tablas y figuras; y para la prueba de hipótesis se trabajó con el software estadístico IBM SPSS v. 24 a través del Análisis de Varianza (ANOVA), que es una técnica estadística que se utiliza para comparar grupos de medidas y normalmente se emplea para establecer semejanzas y diferencias entre tres o más grupos distintos. Luego se utilizó la prueba post-hoc Tukey, la cual mide la diferencia de los valores de la medias de tres o más grupos en términos de la varianza intragrupal, es importante saber dónde se encuentran estas diferencias muy significativas y si siguen tendencias que nos permitan una mejor toma de decisiones. Esta prueba Tukey es complementaria al Análisis de varianza del análisis estadístico.

2.6. Aspectos éticos

Se da fe del uso correcto de los procedimientos técnicos de laboratorio para los análisis y ensayos correspondientes, así como se garantiza el uso fiel de los datos y su no manipulación para fines ajenos a la presente investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis de cal de conchas de abanico

En el cuadro 1 se muestra la composición química de la CCA, analizada en laboratorio a través del método de Fluorescencia de Rayos X.

Cuadro 1. Composición química de C.C.A.

ELEMENTO	RESULTADO (%)
Calcio (Ca)	52.509
Oxígeno (O)	44.706
Carbono (C)	1.868
Hidrógeno (H)	0.311
Azufre (S)	0.383
Estroncio (Sr)	0.098
Hierro (Fe)	0.066
Silicio (Si)	0.054
Zinc (Zn)	0.004

3.2. Análisis de agregados

3.2.1. Granulometría y módulo de fineza

Granulometría:

Se utilizaron 1000 gr. de material granular (finos y gruesos) en el proceso de tamizado para determinar los pesos retenidos. El % retenido se calculó como sigue:

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{peso del material retenido en el tamiz}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

Luego se sumaron los porcentajes retenidos para obtener los acumulados y con la expresión siguiente se calcula el porcentaje que pasa:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{retenido acumulado}$$

Los resultados obtenidos se compararon con los límites establecidos en la NTP 400.037 y ACTM C-33.

Cuadro 2. Granulometría del agregado fino.

Peso Original (gr)		1000.00				Especificación	
Pérdida por lavado		0.00				Límites	
PESO TAMIZADO		1000.00				Superior	Inferior
ABERT. MALLA		Peso	%	% Ret	%	%	%
Pulg/malla	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasa	Pasa	Pasa
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%
No 4	4.760	18.5	1.85%	1.85%	98.15%	100.00%	95.00%
No 8	2.381	53.4	5.34%	7.19%	92.81%	100.00%	80.00%
No 10	2.000	98.6	9.86%	17.05%	82.95%	95.00%	75.00%
No 16	1.259	160	16.00%	33.05%	66.95%	85.00%	50.00%
No 30	0.595	158.7	15.87%	48.92%	51.08%	60.00%	25.00%
No 40	0.420	180	18.00%	66.92%	33.08%	45.00%	15.00%
No 50	0.296	135.6	13.56%	80.48%	19.52%	30.00%	10.00%
No 100	0.149	125.2	12.52%	93.00%	7.00%	10.00%	2.00%
No 200	0.074	61.5	6.15%	99.15%	0.85%	5.00%	0.00%
Plato		8.5	0.85%	100.00%	0.00%		
Sumatoria		1000.00	100.00%	M.F.			
SUCS		SP		2.6449			

Los porcentajes que pasan están dentro de los límites establecidos por la NTP 400.037 y ASTM C-33, según se ve en la figura 1.

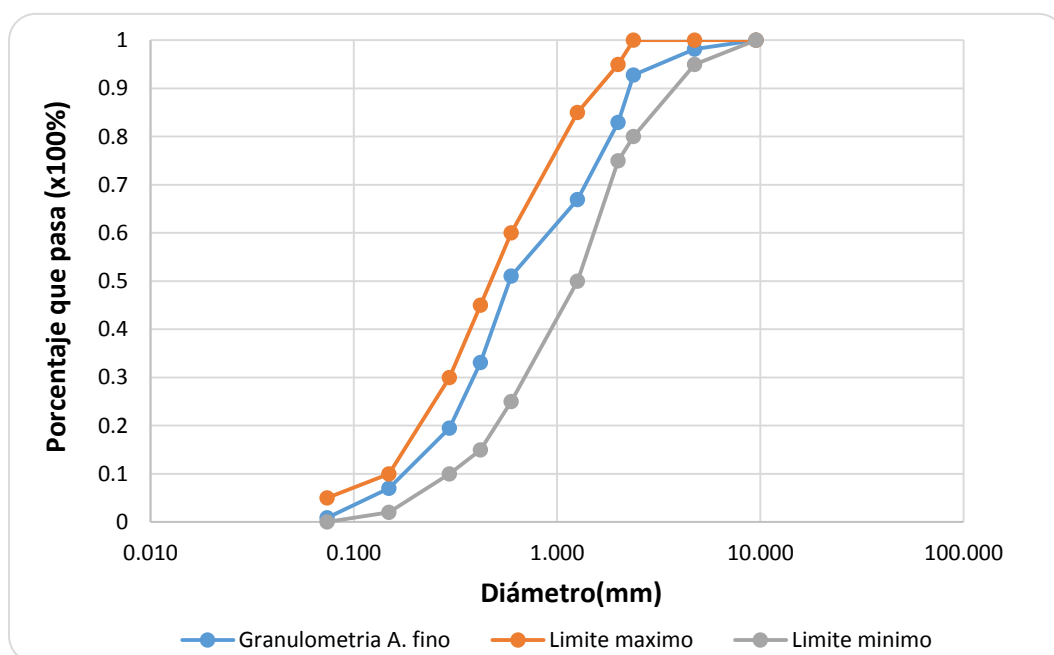


Figura 1. Curva granulométrica del agregado fino.

Cuadro 3. Granulometría del agregado grueso.

Peso Original (gr)		2000				Especificación	
Pérdida por lavado		0.00				Límites	
PESO TAMIZADO		2000				Superior	Inferior
ABERT. MALLA		Peso	%	% Ret	%	%	%
Pulg/malla	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasa	Pasa	Pasa
2"	50.800						
1"	25.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	95.00%
3/4"	19.050	90.00	4.50%	4.50%	95.50%	100.00%	70.00%
1/2"	12.700	840.00	42.00%	46.50%	53.50%	70.00%	35.00%
3/8"	9.525	490.00	24.50%	71.00%	29.00%	50.00%	15.00%
No 4	4.760	560.00	28.00%	99.00%	1.00%	5.00%	0.00%
No 8	2.381	20.00	1.00%	100.00%	0.00%		

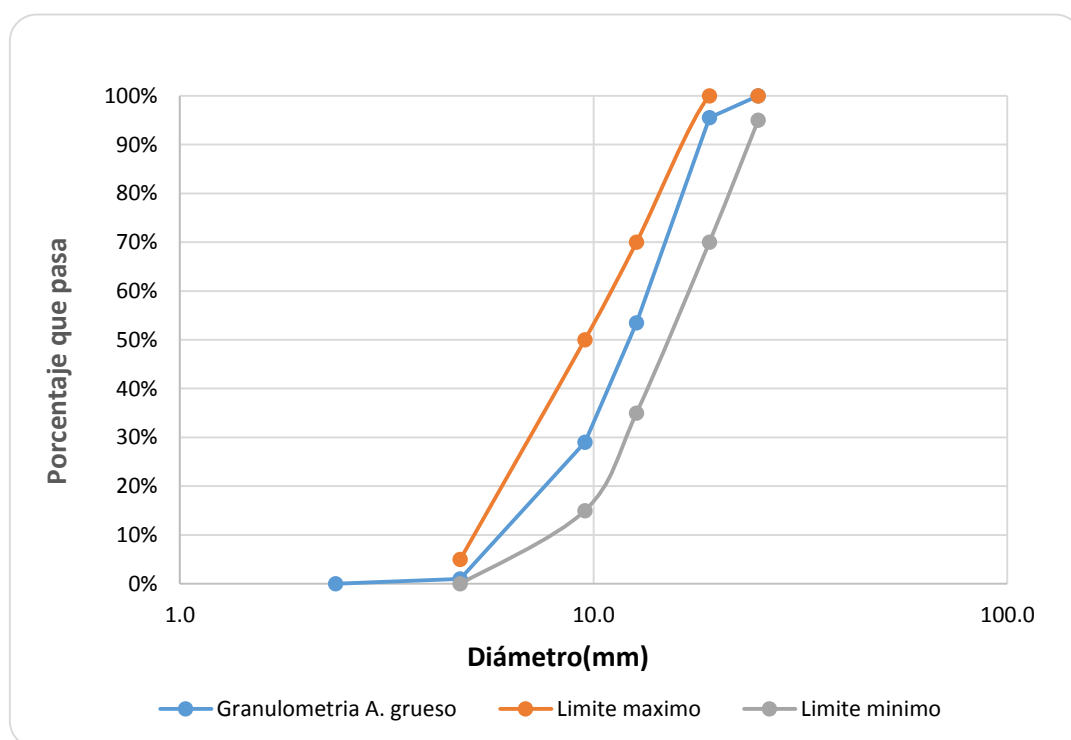


Figura 2. Curva granulométrica del Agregado Grueso.

El agregado grueso cumple con las normas establecidas en NTP 400.012, NTP 400.021, NTP 400.017 y NTP 339.185. Por lo tanto, es adecuado para su uso en la elaboración de concreto.

Módulo de fineza:

Se sumaron los porcentajes retenidos acumulados para cada una de las siguientes mallas: N°100; N°50; N°30; N°16; N°8; N°4; 3/8"; 3/4"; 1 1/2"; 3" y 6", dividiendo la suma entre 100, según lo establecido por el MTC E 204 – 2000. El valor final debe estar comprendido en el rango <2.3; 3.1>.

Calculamos el módulo de fineza:

$$M. fineza = \frac{\%Ret. Acum. (N^{\circ}100; N^{\circ}50; N^{\circ}30; N^{\circ}16; N^{\circ}8; N^{\circ}4; N^{\circ}3/8"; N^{\circ}3/4")}{100}$$

$$M. fineza = \frac{93 + 80.48 + 48.92 + 33.05 + 7.19 + 1.85}{100}$$

$$M. fineza = \frac{264.49}{100}$$

$$M. fineza = 2.64$$

El módulo de fineza (M.F.), cumple con el rango de límites de la norma ASTM C 33.

Para el agregado grueso se calcula como sigue:

$$M. fineza = \frac{\%Ret. Acum. (N^{\circ}100; N^{\circ}50; N^{\circ}30; N^{\circ}16; N^{\circ}8; N^{\circ}4; N^{\circ}3/8"; N^{\circ}3/4")}{100}$$

$$M. fineza = \frac{71 + 99 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$M. fineza = \frac{670}{100}$$

$$M. fineza = 6.7$$

3.2.2. Peso específico y porcentaje de absorción

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino:

Del laboratorio se obtuvieron los datos siguientes:

A: peso en el aire de la muestra secada en el horno = 495.4 gr

B: Peso del picnómetro lleno con agua = 686.5 gr.

C: Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración = 1001.5 gr.

S: Peso de la muestra saturada y superficialmente seca = 500 gr.
Con los datos obtenidos, del MTC E 205-2000 se usó la fórmula:

Peso específico aparente (PeM):

$$PeM = \frac{A}{B + S - C}$$
$$PeM = \frac{495.4gr}{(686.5gr + 500gr) - 1001.5gr}$$
$$PeM = 2.68$$

Peso específico aparente saturado con superficie seca (PeSSS):

$$PeSSS = \frac{A}{B + S - C}$$
$$PeSSS = \frac{500gr}{(686.5gr + 500gr) - 1001.5gr}$$
$$PeSSS = 2.70$$

Peso específico nominal (PeN):

$$PeN = \frac{A}{A + S - C}$$
$$PeN = \frac{495.4gr}{(686.5gr + 495.4gr) - 1001.5gr}$$
$$PeN = 2.74$$

Porcentaje de absorción (Abs):

$$Abs(\%) = \frac{S - A}{A} * 100$$
$$Abs(\%) = \frac{500gr - 495.4gr}{495.4gr}$$
$$Abs(\%) = 0.92$$

Cuadro 4. Resumen de resultados del peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.

<i>Peso específico y % de absorción del agregado fino</i>	
<i>PeM</i>	2.68
<i>PeSSS</i>	2.7
<i>PeN</i>	2.74
<i>% Abs</i>	0.92

Peso específico y porcentaje de absorción de agregado grueso:

La cantidad de material que se usó en el ensayo fue de acuerdo al tamaño máximo nominal MTC E 206 – 2000, como se aprecia en el cuadro siguiente:

Cuadro 5. Cantidad mínima para el ensayo del agregado grueso

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		Cantidad mínima de muestra
Mm	(pulg)	Kg
Hasta 12,5	½	2
19,5	¾	3
25,0	1	4
37,0	1 ½	5
50,0	2	8
63,0	2 ½	12
75,0	3	18
90,0	3 1/2	25

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000).

Del análisis en laboratorio se obtuvieron los datos siguientes:

A: Peso en gramos de la muestra seca en el aire = 2000.0 gr

B: Peso en gramos de la muestra (SSS) = 2037.0 gr

C: Peso en gramos sumergido en agua de la muestra saturada = 1355.4 gr

Según MTC 206 – 2000 se calculan los pesos específicos aparentes, saturado con superficie seca y nominal, asimismo la absorción.

Peso específico aparente (PeM):

$$PeM = \frac{A}{B - C}$$

$$PeM = \frac{2000gr}{2037gr - 1354.5gr}$$

$$PeM = 2.93$$

Peso específico aparente saturado con superficie seca (PeSSS):

$$PeSSS = \frac{B}{B - C}$$

$$PeSSS = \frac{2037.0gr}{2037.0gr - 1354.5gr}$$

$$PeSSS = 2.98$$

Peso específico nominal (PeN):

$$PeN = \frac{A}{A - C}$$

$$PeN = \frac{2000gr}{2000gr - 1354.5}$$

$$PeN = 3.10$$

Porcentaje de absorción (Abs):

$$Abs(\%) = \frac{B - A}{A} * 100$$

$$Abs(\%) = \frac{2037.0gr - 2000.0gr}{2000.0gr} * 100$$

$$Abs(\%) = 1.85$$

Cuadro 6. Resumen de resultados del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.

<i>Peso específico y % de absorción del agregado grueso</i>	
<i>PeM</i>	2.93
<i>PeSSS</i>	2.98
<i>PeN</i>	3.1
<i>% Abs</i>	1.85

3.2.3. Peso unitario.

El objetivo de este ensayo es determinar el peso unitario suelto y compactado de los agregados fino y grueso.

Peso unitario suelto del agregado fino (PUS):

Los siguientes datos fueron tomados en el laboratorio siguiendo los procedimientos rigurosos que lo estipula la norma ASTM C 29:

PR: Peso del recipiente = 1910 gr.

PM: Peso de la muestra = 4648 gr.

VR: Volumen del recipiente = 0.0028 m³.

PT: Peso total = 6558 gr.

Con los datos obtenidos se calculó el peso unitario suelto del agregado fino (PUS):

$$\text{Peso unitario suelto}(PUS) = \frac{\text{Peso de ma muestra } (Ws)}{\text{Volumen del resipiente } (V)}$$

$$PUS = \frac{Ws}{V}$$

$$PUS = \frac{4648 \text{ gr}}{0.0028 \text{ m}^3}$$

$$PUS = 1660 \text{ Kg/m}^3$$

Peso unitario suelto compactado del agregado fino (PUC):

Se realizó mediante el apisonado con una varilla de acero con un extremo semiesférico y con diámetro de (5/16"). El ensayo se realizó en tres capaz iguales, fueron 25 golpes de manera uniforme y en distintas partes del recipiente. Los siguientes datos fueron tomados en el laboratorio siguiendo los procedimientos rigurosos que lo estipula la norma ASTM C 29:

PR: Peso del recipiente = 1910 gr.

PM: Peso de la muestra = 5154 gr.

VR: Volumen del recipiente = 0.0028 m³.

PT: Peso total = 7064 gr.

Con los datos obtenidos se calculó el peso unitario suelto del agregado fino (PUC):

$$\text{Peso unitario suelto}(PUC) = \frac{\text{Peso de ma muestra } (Wc)}{\text{Volumen del resipiente } (V)}$$

$$PUC = \frac{Wc}{V}$$

$$PUC = \frac{5154 \text{ gr}}{0.0028 \text{ m}^3}$$

$$PUC = 1840 \text{ Kg/m}^3$$

Peso unitario suelto del agregado grueso (PUS):

Los datos presentados a continuación fueron determinados en el laboratorio siguiendo los procedimientos rigurosos que lo estipula la norma ASTM C 29:

PR: Peso del recipiente = 1910 gr.

PM: Peso de la muestra = 4453 gr.

VR: Volumen del recipiente = 0.0028 m³.

PT: Peso total = 6363 gr.

Con los datos obtenidos se calculó el peso unitario suelto del agregado fino (PUS):

$$\text{Peso unitario suelto}(PUS) = \frac{\text{Peso de ma muestra } (Ws)}{\text{Volumen del resipiente } (V)}$$

$$PUS = \frac{Ws}{V}$$

$$PUS = \frac{4453 \text{ gr}}{0.0028 \text{ m}^3}$$

$$PUS = 1590 \text{ Kg/m}^3$$

Peso unitario suelto compactado del agregado grueso (PUC):

Se realizó con el siguiente instrumental:

- Balanza: este equipo deberá medir con una precisión de 0.1% con respecto al material usado.
- Varilla: se usó este equipo para compactar el material, las características de la varillas son las estipuladas el manual de ensayo de materiales (EM 2000) MTC E 203 – 2000. De 16 mm (5/8”) de diámetro, longitud aproximada de 600mm (24”). En una extremo semiesférico de 8 mm de radio (5/8”).
- Recipientes de medida adecuada, metálicos, cilíndricos, de preferencia que tengan dos agarraderas en los bordes teniendo la forma de una olla de cocina, el fondo y el borde pulido, plano y rígido. Para e trabajo en condiciones de trabajo duras.

Las características de los recipientes se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 7. Capacidad de la medida de acuerdo al TMN.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO (TMN)		CAPACIDAD DE LA MEDIDA	
Mm	pulgadas	L(m ³)	P ³
12,5	½	2,8(0,0028)	1/10
25,0	1	9,3(0,0093)	1/3
37,0	1 ½	14,0(0,014)	½
75,0	3	28,0(0,028)	1
112,0	4 ½	70,0(0,070)	2 ½

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000)

Según la granulometría del agregado grueso se obtuvo un tamaño máximo nominal de (1/2”). Por ende se utilizó un recipiente de 1/10 P³.

Los siguientes datos fueron tomados en el laboratorio siguiendo los procedimientos rigurosos que lo estipula la norma ASTM C 29:

PR: Peso del recipiente = 1910 gr.

PM: Peso de la muestra = 4873 gr.

VR: Volumen del recipiente = 0.0028 m³.

PT: Peso total = 6783 gr.

Con los datos obtenidos se calculó el peso unitario suelto del agregado fino (PUC):

$$\text{Peso unitario suelto}(PUC) = \frac{\text{Peso de ma muestra } (Wc)}{\text{Volumen del resipiente } (V)}$$

$$PUC = \frac{Wc}{V}$$

$$PUC = \frac{4873 \text{ gr}}{0.0028 \text{ m}^3}$$

$$PUC = 1740 \text{ Kg/m}^3$$

3.2.4. Contenido de humedad:

La norma NTP 339.185:2013 establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con los minerales de algunos agregados y que no es susceptible de evaporación.

Equipo

- Balanza:

Con sensibilidad al 0,1 %. La indicación del peso deberá tener una precisión dentro del 0,1 % del rango indicado.

- Fuente de calor:

Un horno ventilado capaz de mantener la temperatura alrededor de la muestra a 110°C ± 5°C, también pueden usarse una plancha o cocina eléctrica o a gas, lámparas caloríficas eléctricas o un horno microondas ventilado.

- Recipiente para la muestra:

Un envase que no sea afectado por el calor y con suficiente capacidad para contener la muestra sin peligro de derramarse.

Análisis de contenido de humedad del agregado fino

Los datos se tomaron en el laboratorio, para el Contenido de humedad MTC E 108-2000.

Datos:

Pt: Peso de la tara = 23.2 gr

Pms: Peso de muestra seca = 144.4 gr

Pt +Pms: peso de tara más el peso de la muestra seca = 167.6 gr

Pt +Pmh: peso de tara más el peso de la muestra húmeda = 168.18 gr

Pa: peso del agua

$$Pa = (Pt + Pms) - (Pt + Pmh)$$

$$Pa = (23.2 + 144.4) - (168.18)$$

$$Pa = (167.6) - (168.18)$$

$$\mathbf{Pa = 0.58\ gr}$$

Entonces calculamos:

$$\text{Contenido de humedad } (W) = \frac{\text{Peso del agua } (Pa)}{\text{Peso de la muestra seca } (Pms)} * 100$$

$$W = \frac{Pa}{Pms} * 100$$

$$W = \frac{0.58\text{gr}}{144.4} * 100$$

$$\mathbf{W = 0.40\%}$$

Análisis de contenido de humedad del agregado grueso

Los datos se tomaron en el laboratorio, para el Contenido de humedad MTC E 108-2000.

Datos:

Pt: Peso de la tara = 43.2 gr

Pms: Peso de muestra seca = 233.5 gr

Pt +Pms: peso de tara más el peso de la muestra seca = 276.7 gr

Pt +Pmh: peso de tara más el peso de la muestra húmeda = 278.1gr

Pa: peso del agua

$$Pa = (Pt + Pms) - (Pt + Pmh)$$

$$Pa = (43.2 + 233.5) - (278.1)$$

$$Pa = (276.7) - (168.2)$$

$$\mathbf{Pa = 1.4 gr}$$

Entonces calculamos:

$$\text{Contenido de humedad (W)} = \frac{\text{Peso del agua (Pa)}}{\text{Peso de la muestra seca (Pms)}} * 100$$

$$W = \frac{Pa}{Pms} * 100$$

$$W = \frac{1.4gr}{233.5} * 100$$

$$\mathbf{W = 0.6\%}$$

Cuadro 8. Resumen del Contenido de humedad en agregados fino y grueso.

PORCENTAJE DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS AGREGADOS	
Agregado Fino	0.40%
Agregado Grueso	0.60%

3.3. Diseño de mezcla según el ACI 211

Para realizar el diseño de mezclas se utilizó lo establecido en el comité 211 ACI.

3.3.1. Características de los agregados:

Se parte de los resultados obtenidos en los ensayos de los agregados fino y grueso.

Cuadro 9. Resumen de análisis de agregado fino y grueso.

Ensayo	Agregado fino	Agregado grueso
Perfil	----	Redondo
Peso unitario suelto (PSS)	1660	1590
Peso unitario compactado (PUC)	1840	1740
Peso específico (P _e)	2.68	2.93

Módulo de fineza (MF)	2.64	----
Tamaño máximo nominal (TMN)	----	1/2"
Porcentaje de absorción (% Abs)	0.92	1.85
Contenido de humedad (%W)	0.4	0.6

3.3.2. Determinar la resistencia requerida:

El proyecto requiere una resistencia de 175 kg/cm².

3.3.3. Determinar la resistencia promedio:

Se necesita la resistencia requerida para diseñar, con un factor que aumentará un porcentaje de acuerdo a la resistencia deseada. Aquí se aumentó un 15% de la resistencia requerida.

$$\text{Resistencia requerida}(f'_{cr}) = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resistencia promedio}(f'_{cr}) = (f'c) + [15\%(f'c)]$$

$$f'_{cr} = 175 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + \left[15\% \left(175 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \right]$$

$$f'_{cr} = 175 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + \left[26.3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$f'_{cr} = 201.3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

3.3.4. Tamaño máximo nominal (TMN):

El tamaño máximo nominal es de 1/2", la medida es adecuada ya que será un concreto para estructuras armadas.

$$TMN = 1/2"$$

3.3.5. Determinación del asentamiento (Slump):

Se eligió un asentamiento de acuerdo al tipo de estructura donde se usará el concreto, de acuerdo al cuadro 10.

Cuadro 10. Determinación del asentamiento

Tipo de construcción	Asentamiento máximo	Asentamiento mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"

Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014).

Como se puede apreciar en el cuadro 10, el tipo de construcción requerida se encuentra en un rango de 3" a 4". Por tanto el asentamiento fue de 3" a 4".

3.3.6. Determinación del volumen unitario del agua para el diseño:

De acuerdo al comité ACI, seleccionamos la cantidad de agua.

Cuadro 11. Determinación del volumen unitario del agua.

Asentamiento	Agua en Lt/m ³ , para los tamaños Máximos nominales del Agregado Grueso y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014).

3.3.7. Determinación del contenido de aire:

Para seleccionar el contenido de aire se utilizó la tabla elaborada por el comité ACI 210. Se seleccionó de acuerdo al TMN del agregado grueso.

Cuadro 12. Determinación del contenido de aire.

Tamaño Máximo Nominal.	Aire atrapado.
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014).

3.3.8. Determinación de la relación agua/cemento (a/c), por resistencia y durabilidad:

Para determinar la relación a/c (w/c) se utilizaron dos tablas. (Rivva, 2014)

a. Determinación de relación (a/c) por resistencia:

Debido a que nuestro dato no se encontró en la tabla se realizó un cálculo de interpolación de los valores.

Cuadro 13. Determinación de la relación (a/c) por resistencia

f _{cr.} (28 días)	Relación Agua - Cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	...
450	0.38	...

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014).

$$x_3 = 200 \text{ --- --- --- --- --- } 0.7 = y_3$$

$$x_2 = 201.3 \text{ --- --- --- --- --- } x = y_2$$

$$x_1 = 250 \text{ --- --- --- --- --- } 0.62 = y_1$$

Entonces aplicamos la siguiente fórmula para despejar el valor de “x”:

$$y_2 = y_1 + \left[\left(\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} \right) * (y_3 - y_1) \right]$$

$$y_2 = 0.62 + \left[\left(\frac{201.3 - 250}{200 - 250} \right) * (0.7 - 0.62) \right]$$

$$y_2 = 0.62 + \left[\left(\frac{-48.7}{-50} \right) * (0.08) \right]$$

$$y_2 = \mathbf{0.70}$$

Por lo tanto el valor de “x” es 0.70

b. Determinación de relación (w/c) por durabilidad.

En el cuadro 14 se muestra la relación de agua – cemento por durabilidad, para las diferentes condiciones de exposición.

Cuadro 14. Determinación de relación (a/c) por durabilidad.

Condiciones de exposición	Relación (w/c) máxima, en concretos con agregado de peso normal	Resistencia en compresión mínimas en concreto con agregado livianos
Concretos de baja parcialidad		260
(a). Expuesto a agua dulce...	0.5	
(b). Expuesto a agua de mar o aguas salobres.....	0.45	
(c). Expuesto a la acción de aguas cloacales.....	0.45	
Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condiciones húmedas.		300
(a). Sardineles, cunetas, secciones delgadas.....	0.45	
(b). Otros elementos.....	0.5	
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.4	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15mm.....	0.45	300

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014)

c. Promedio de relación (a/c) por resistencia y durabilidad.

Como se tienen dos resultados de la relación agua – cemento, se realizó un promedio:

Cuadro 15. Promedio de la relación (a/c) por promedio y durabilidad.

Factor	Relación (a/c)
Resistencia	0.63
Durabilidad	0.5
Promedio	0.57

3.3.9. Determinación del Factor Cemento:

Siguiendo el procedimiento del comité 211 ACI, determinamos el factor cemento de la siguiente manera:

$$\text{factor cemento } (FC) = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{Relación agua/cemento}}$$

$$(FC) = \frac{216 \text{ lt/m}^3}{0.57}$$

$$(FC) = 378.95 \text{ lt/m}^3$$

3.3.10. Selección del peso del Agregado Grueso:

Para la obtención del peso del agregado grueso se utilizó el tamaño máximo nominal (TMN) y el módulo de fineza del agregado fino. Interpolando:

Cuadro 16. Selección del peso del agregado grueso.

Tamaño Máximo del Agregado Grueso (TMN)	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de finura de fino (b/b0)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014).

$$x_3 = 2.80 - - - - - 0.55 = y_3$$

$$x_2 = 2.64 - - - - - \frac{b}{b_0} = y_2$$

$$x_1 = 2.60 - - - - - 0.57 = y_1$$

Despejando el valor de (b/b₀) y reemplazando datos se tiene:

$$y_2 = y_1 + \left[\left(\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} \right) * (y_3 - y_1) \right]$$

$$y_2 = 0.57 + \left[\left(\frac{2.64 - 2.60}{2.80 - 2.60} \right) * (0.55 - 0.57) \right]$$

$$y_2 = 0.57 + \left[\left(\frac{0.04}{0.20} \right) * (-0.02) \right]$$

$$y_2 = 0.56$$

$$y_2 = \frac{b}{b_0}$$

$$\frac{b}{b_0} = 0.56$$

Por lo tanto, el valor de “b/b₀” es 0.56, entonces hallamos el peso del agregado grueso:

$$\begin{aligned} & \text{Peso del agregado grueso } (P_{ag}) \left(\frac{kg}{m^3} \right) \\ &= \frac{b}{b_0} * \text{Peso Unitario Compactado (PUC)} \end{aligned}$$

$$P_{ag} = \frac{b}{b_0} * PUC$$

$$P_{ag} = 0.56 * 1740$$

$$P_{ag} = 974.4 \frac{kg}{m^3}$$

3.3.11. Cálculo de los volúmenes absolutos de los materiales.

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen del aire se procedió al cálculo de los volúmenes absolutos:

a. Volumen del Cemento (V_C):

$$V_C = \frac{\text{Peso del cemento}(P_C)}{\text{Peso específico del Cemento}(P_{ec})}$$

$$V_C = \frac{(P_C)}{(P_{ec})}$$

$$V_C = \frac{378.94 \text{ kg}}{3150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_C = \mathbf{0.120 \text{ m}^3}$$

b. Volumen del Agua (V_A):

$$V_A = \frac{\text{Peso del Agua}(P_A)}{\text{Peso específico del Agua}(P_A)}$$

$$V_A = \frac{(P_A)}{(P_{eA})}$$

$$V_A = \frac{216 \text{ kg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_A = \mathbf{0.216 \text{ m}^3}$$

c. Volumen del Aire (V_{Aire}):

$$V_{\text{Aire}} = 2.5\%$$

$$V_{\text{Aire}} = \mathbf{0.025 \text{ m}^3}$$

d. Volumen para el Agregado Grueso (V_{AG}):

$$V_{AG} = \frac{\text{peso seco del agredado grueso}(P_{AG})}{\text{Peso específico del Agregado Grueso}(P_{eAG})}$$

$$V_{AG} = \frac{(P_{AG})}{(P_{eAG})}$$

$$V_{AG} = \frac{974.4 \text{ kg}}{2930 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{AG} = \mathbf{0.336 \text{ m}^3}$$

e. Volumen para el Agregado Fino (V_{AF}):

$$\text{Vol. del Agregado Fino (m}^3\text{)} = 1 - [(V_C) + (V_{\text{Agua}}) + (V_{\text{aire}}) + (V_{AG})]$$

$$(V_{AF}) \text{ m}^3 = 1 - [(0.12) + (0.216) + (0.025) + (0.333)]$$

$$(V_{AF}) \text{ m}^3 = 1 - [0.694]$$

$$(V_{AF}) \text{ m}^3 = \mathbf{0.306 \text{ m}^3}$$

3.3.12. Cálculo del Peso del Agregado Fino (AG):

$$\begin{aligned} \text{Peso del Agregado Fino } (P_{AF}) \left(\frac{kg}{m^3} \right) \\ = \text{Vol. del A.F} * (\text{Peso específico del A.F}) \end{aligned}$$

$$P_{AF} \left(\frac{kg}{m^3} \right) = (0.306m^3) * \left(2.68 * 1000 \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$P_{AF} = (0.306m^3) * \left(2.68 * 1000 \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$P_{AF} = (0.306m^3) * \left(2680 \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$P_{AF} = 820.08 \text{ kg}$$

3.3.13. Valores de diseño en estado seco:

Las cantidades de material a utilizar como valores de diseño serán los siguientes

Cuadro 17. Valores de diseño en estado seco.

MATERIAL	CANTIDAD (kg/m ³)
Cemento	378.94 kg/m ³ .
Agua	216 lt/m ³ .
Agregado Fino	820.08 kg/m ³ .
Agregado Grueso	974.4 kg/m ³

3.3.14. Corrección de valores de diseño por humedad.

Después de haber obtenido las cantidades de los materiales en peso seco que integran la unidad cubica de concreto, esta debe ser corregida de acuerdo a las condiciones de humedad de los agregados fino y grueso.

%W_g: contenido de humedad del agregado grueso.

%W_f: contenido de humedad del agregado fino.

%Abs_g: Porcentaje de Absorción del agregado grueso.

%Abs_f: Porcentaje de Absorción del agregado fino.

a. Peso húmedo del agregado grueso.

$$P_{Ag} \text{ húmedo} (kg) = (P_{Ag} \text{ seco}) * \left(1 + \frac{\%W_g}{100} \right)$$

$$P_{Ag} \text{ húmedo} (kg) = (974.4 \text{ kg}) * \left(1 + \frac{0.6}{100} \right)$$

$$P_{Ag} \text{húmedo}(kg) = 980.25 \frac{kg}{m^3}$$

b. Peso húmedo del agregado fino.

$$P_{Af} \text{húmedo}(kg) = (P_{Af} \text{seco}) * \left(1 + \frac{\%Wg}{100}\right)$$

$$P_{Af} \text{húmedo}(kg) = (280.08 \text{ kg}) * \left(1 + \frac{0.4}{100}\right)$$

$$P_{Ag} \text{húmedo}(kg) = 823.36 \frac{kg}{m^3}$$

c. Humedad superficial del agregado grueso.

$$\text{Humedad superficial del agregado grueso}(H_{Ag}) = (\%W - \%abs_g)$$

$$(H_{Ag}) = (\%W - \%abs_g)$$

$$(H_{Ag}) = (0.6 - 1.85)$$

$$(H_{Ag}) = (-1.25)\%$$

d. Humedad superficial del agregado fino.

$$\text{Humedad superficial del agregado fino}(H_{Af}) = (\%W - \%abs_f)$$

$$(H_{Af}) = (\%W - \%abs_f)$$

$$(H_{Af}) = (0.4 - 0.92)$$

$$(H_{Af}) = (-0.52)\%$$

e. Aporte de humedad del agregado fino y grueso.

Luego de tener los resultados de los pesos húmedos de los agregados y humedad superficial, se realizó la corrección por humedad de los agregados grueso y fino, y la cantidad de agua aportada.

$$\text{Aporte de humedad del}(A_g) = (P_{Af}) * \left(\frac{H_{Ag}}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de humedad del}(A_g) = (P_{Af}) * \left(\frac{-1.25}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de humedad del}(A_g) = -12.25$$

$$\text{Aporte de humedad del}(A_f) = (P_{Af}) * \left(\frac{H_{Af}}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de humedad del}(A_f) = (P_{Af}) * \left(\frac{-0.52}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de humedad del}(A_f) = -4.281$$

f. Agua efectiva.

Luego de conocer los aportes de humedad del agregado fino y grueso, restamos los dos valores para conocer el aporte total del agua:

$$\text{Aporte Humedad neta del } A_f \text{ y } A_g = (A_f) + (A_g)$$

$$\text{Aporte Humedad neta del } A_f \text{ y } A_g = (-12.25) + (-4.281)$$

$$\text{Aporte Humedad neta del } A_f \text{ y } A_g = -16.53$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{agua de diseño} - (\text{Aporte Humedad neta del } A_f \text{ y } A_g)$$

$$\text{Agua efectiva} = 216 - (-16.53)$$

$$\text{Agua efectiva} = 216 - (-16.53)$$

$$\text{Agua efectiva} = 232.53$$

3.3.15. Pesos corregidos por humedad.

Después de haber calculado el contenido de humedad de los agregados se determinó el agua neta para el diseño, los pesos corregidos son:

Cuadro 18. Pesos corregidos por humedad

MATERIAL	CANTIDAD
Cemento	378.94 Kg/m ³
Agregado fino	823.36 Kg/m ³
Agregado grueso	980.25 Kg/m ³
Agua	232.53 Lt/m ³

3.3.16. Proporciones en peso:

$$\frac{\text{peso del cemento}}{\text{peso del cemento}} : \frac{\text{Peso A. F}}{\text{peso del cemento}} : \frac{\text{Peso A. G}}{\text{peso del cemento}} / \frac{\text{Agua efectiva}}{\frac{\text{peso del cemento}}{42.5 \text{ kg}}} \left(\frac{\text{Lt}}{\text{bolsa}} \right)$$

Cuadro 19. Proporciones para diseño de mezcla de 175 kg/cm³.

Material	Proporción en peso	Peso (Kg)	% de mezcla
Cemento	1.00	378.94	15.69
Agregado fino	2.17	823.36	34.09
Agregado grueso	2.59	980.25	40.58
Agua	0.61	232.53	9.63
Total para 1 m³		2415.08	100.00

3.4. Pesos para la elaboración de los testigos de concreto

Para el proyecto se realizó un total de 48 testigos de concreto a las edades de 14 y 28 días, con diferentes porcentajes de adición de C.C.A. Para ello se elaboró un diseño de mezclas de 175 kg/cm² para determinar los pesos y proporciones. Con estos pesos se calculó la cantidad de materiales para una probeta.

3.4.1. Volumen de probeta:

$$Vol. de probeta = \left(\frac{D}{2}\right)^2 * \pi * h$$

$$Vol. de probeta = \left(\frac{0.15m}{2}\right)^2 * \pi * 0.30m$$

$$Vol. de probeta = 0.0053 m^3$$

3.4.2. Volumen del cono de Abrams:

$$Vol. del cono = \frac{1}{3} * \pi * h(R^2 + r^2 + Rr)$$

Donde:

R: Radio del diámetro de base inferior = 0.10 m

r: Radio de parte superior = 0.05 m

h: Altura de cono = 0.30 m

$$Vol. del cono = \frac{1}{3} * \pi * h(R^2 + r^2 + Rr)$$

$$Vol. del cono = \frac{1}{3} * \pi * 0.30(0.10^2 + 0.05^2 + (0.10 * 0.05))$$

$$Vol. del cono = 0.005 m^3$$

3.4.3. Pesos para la elaboración de testigos:

Con los resultados del ítem 3.4, se encontraron los pesos que se utilizaron para la elaboración de los testigos adicionando el porcentaje de desperdicio del 5% por cada tanda.

- Se elaboraron 48 testigos durante cuatro días.
- 12 testigos por día.
- 4 testigos por tanda.

Para la elaboración de los testigos se usaron los pesos siguientes.

Cuadro 20. Pesos para la elaboración de testigos de concreto por tanda.

Descripción	Cantidad	Un.	Vol. Probeta	Un.	Cantidad de probetas				Un.
					1	2	4	5+5%	
Cemento	378.94	kg/m ³	0.0053	m ³	2.01	4.02	8.03	10.54	Kg.
Agua	232.53	lt/m ³	0.0053	m ³	1.23	2.46	4.93	6.47	Lt.
Agregado fino	823.36	kg/m ³	0.0053	m ³	4.36	8.73	17.46	22.91	Kg.
Agregado grueso	980.25	kg/m ³	0.0053	m ³	5.20	10.39	20.78	27.28	Kg.

Se trabajó para una cantidad de 5 probetas más el 5% de desperdicio; como el Cono de Abrams tiene el mismo volumen de una probeta, se realizaron cuatro por tanda.

3.5. Consistencia de la mezcla (Slump)

Para obtener estos resultados se realizó el ensayo de la consistencia a los diferentes tipos de mezclas.

Cuadro 21. Asentamiento del concreto en estado fresco.

Mezclas	Slump máximo (pulg.)	% variación
CE	4.0	0%
C3%CCA	3.6	-7.7%
C4%CCA	3.5	-10.3%
C5%CCA	3.6	-7.7%

Como se puede apreciar en el cuadro 21, la trabajabilidad de los concretos si está de acuerdo al intervalo considerado en el diseño de mezcla (3 a 4´´), la variación se encuentra dentro del rango establecido.

3.6. Cálculo de la resistencia a cargas de compresión

Para determinar la resistencia y los porcentajes de incremento de los testigos, se procedió como sigue:

1. Área del testigo:

$$A. t. = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

At: Área del testigo (cm²)

D: diámetro del testigo (cm)

$$A. t. = \frac{\pi 15^2}{4}$$

$$A. t. = 176.7 \text{ cm}^2$$

Por tanto, el área de la sección transversal del testigo es 176.7 cm².

2. Resistencia del concreto:

Aquí se calcula la resistencia a la compresión para cada una de las probetas de ensayo, de acuerdo a la carga máxima que registra el equipo, usando la expresión siguiente:

$$f'_c = \frac{P}{At}$$

Donde:

f'c: resistencia máxima de rotura a compresión (kg/cm²)

P: carga máxima que es sometido el testigo (kg)

A.t: área del testigo (cm²)

3.7. Rotura de testigos

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de probetas de concreto se muestran en la tabla siguiente:

Cuadro 22. Resistencia a la compresión de probetas de concreto a distintas edades.

Resistencia en Kg/cm ² según % de Cal de Conchas de Abanico					
EDAD	Resistencia de diseño	Grupo patrón	Con adición del 3% de CCA	Con adición del 4% de CCA	Con adición del 5% de CCA
14 días	148.75	192.02	203.29	196.30	195.17
	148.75	170.57	192.49	202.31	226.78
	148.75	170.72	201.27	189.91	220.35
	Promedio	177.77	199.02	196.17	214.10

	175.00	204.51	218.37	226.70	208.97
28 días	175.00	247.98	204.76	192.95	221.91
	175.00	228.87	237.89	230.56	213.70
Promedio		227.12	220.34	216.74	214.86

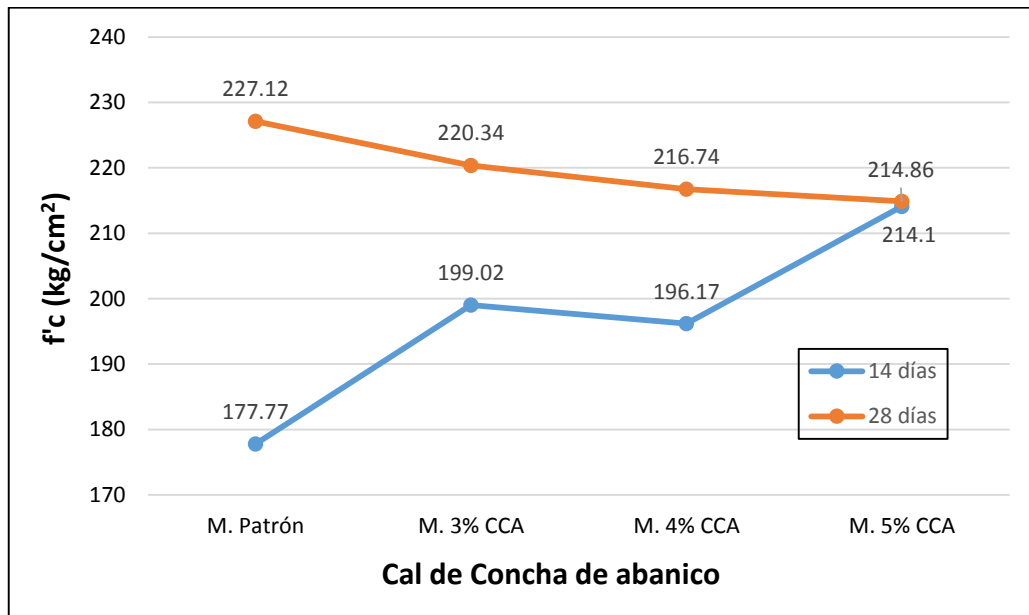


Figura 3. Resistencia a la compresión según porcentaje de conchas de abanico.

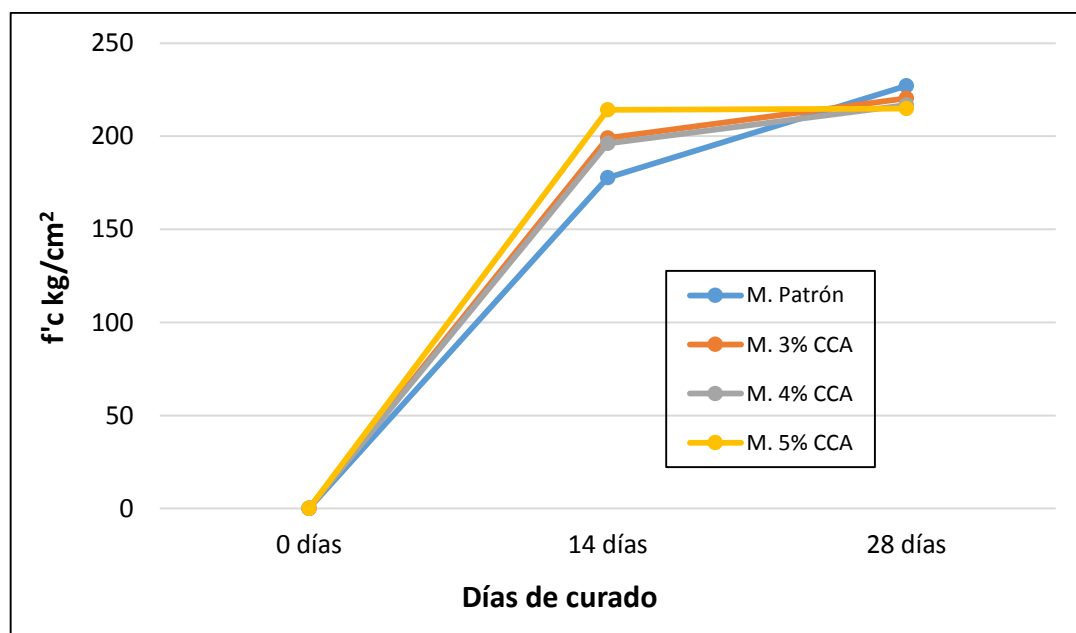


Figura 4. Resistencia a la compresión según días de curado de probetas.

3.8. Análisis estadístico

Para 14 días de curado:

Cuadro 23. Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CA014	0,755	3	0,052
CA314	0,884	3	0,338
CA414	1,000	3	0,966
CA514	0,895	3	0,370

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como Sig. > 0.05 entonces los datos tienen un comportamiento “Normal”, por tanto aplicamos el Análisis de Varianza (ANOVA).

Cuadro 24. Análisis de varianza (ANOVA)

	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2000,197	3	666,732	5,304	0,026
Dentro de grupos	1005,635	8	125,704		
Total	3005,832	11			

Como Sig. < 0.05 entonces existe diferencia significativa entre las medias de los grupos CA07, CA37, CA47 y CA57.

Cuadro 25. Prueba de Comparaciones múltiples HSD Tukey.

(I) Grupo patrón	(J) Grupos Experim.	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
	3%	-21,24667	9,15439	0,172	-50,5623	8,0689
0%	4%	-18,40333	9,15439	0,261	-47,7189	10,9123
	5%	-36,33000*	9,15439	0,017	-65,6456	-7,0144

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Para 28 días de curado:

Cuadro 26. Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CA028	0,995	3	0,867
CA328	0,990	3	0,804
CA428	0,826	3	0,178
CA528	0,976	3	0,706

Como Sig. > 0.05 entonces los datos tienen un comportamiento “Normal”, por tanto aplicamos el Análisis de Varianza (ANOVA).

Cuadro 27. Análisis de varianza (ANOVA)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	262,969	3	87,656	0,287	0,834
Dentro de grupos	2445,932	8	305,742		
Total	2708,902	11			

Como Sig. > 0.05 entonces no existe diferencia significativa entre las medias de los grupos CA028, CA328, CA428 y CA528. Por tanto, no es necesario realizar la prueba de comparaciones múltiples.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Asentamiento del concreto fresco

En la tabla 21 podemos observar que el asentamiento en las mezclas de concreto con contenidos de CCA de 3 a 5% tuvieron un decremento de 7.7 a 10.3%, respecto al concreto estándar; sin embargo, en los trabajos previos tomados en cuenta en esta investigación se ha utilizado residuos de conchas de abanico (RCA) u otras conchas ya sea como agrado grueso, fino o en polvo en reemplazo del cemento, mas no como CCA. Flores y Mazza (2014) utilizando polvo de conchas de abanico (PCA) en reemplazo del cemento determinaron que a medida que incrementaban este material su trabajabilidad disminuía alrededor de 1´´; de otro lado, Castañeda (2017) y Nizama (2014) también reportan disminución importante de la trabajabilidad al usar RCA triturado como agregado total y uso parcial de agregado grueso, respectivamente. Es posible que el tamaño del agregado está influenciando en la disminución de la trabajabilidad, en consecuencia se sugiere utilizar un tamaño por debajo de 1´´ y en proporciones adecuadas. Para fines de esta investigación, se puede decir que la trabajabilidad del concreto estándar logró su valor máximo considerado (4´´) mientras que aquél con CCA en sus diferentes proporciones perdió plasticidad pero se mantuvo con una trabajabilidad adecuada dentro del rango establecido (3 a 4´´).

4.2. Comparación entre probetas de concreto tradicional y con CCA

Las mediciones de resistencia a la compresión, en cuadro 22, nos muestran que todas las mezclas de concreto superaron la resistencia de diseño en las dos edades de estudio, así también lo confirman Flores y Mazza (2014) quienes encontraron que la resistencia alcanzada a los 14 y 28 días superó a la resistencia en estudio (175 kg/cm^2) usando PCA en reemplazo del cemento al 5, 10 y 15%. Por su parte Eun-Ik et al (2010) determinaron que a mayor uso de OT la resistencia tiende a decrecer a largo plazo no siendo recomendable usarla a más de 10%. Asimismo, Wen et al (2013) usando residuos de conchas de ostras en combinación con cenizas volantes lograron evidenciar una resistencia según diseño de mezcla hasta en una proporción de 20%.

Para las muestras con diferentes contenidos de CCA, las resistencias encontradas estuvieron hasta 44% y 48% por encima de la resistencia de diseño para edades de 14 y 28 días de curado, respectivamente, para 5% y 3% de CCA. Se evidencia que el

incremento de la resistencia a la compresión del concreto obedece a la influencia de la proporción de CCA y tiempo de curado, notándose (figura 3) que a medida que se incrementa la cantidad de CCA la resistencia alcanzada en promedio por las mezclas en estudio decrece para 28 días de curado, pero no siendo menor que la resistencia de diseño; en el caso de 14 días, la tendencia es contraria llegando a alcanzar su resistencia máxima con 5% de CCA (214.1 kg/cm²).

Como se observa en la figura 4, esta propiedad presenta mejores resultados a los 14 días con ensayos a corto plazo, aunque también es cierto que conforme se incrementa el porcentaje de CCA la resistencia tiende a disminuir a edad superior a 14 días, como se observa en la figura 3. Al respecto se puede observar que la resistencia a la compresión se ve afectada y reducida por la incorporación de CCA, comparado con la muestra patrón que no le ocurre, pero este problema se podría compensar con la incorporación de un aditivo, ya que aseguraría una reducción de agua y le proporcionaría una mejor consistencia al concreto.

4.3. Análisis estadístico

En cuanto al efecto de la dosificación de CCA en la resistencia a la compresión del concreto, en el cuadro 24 se observa que existen variaciones significativas ($p < 0,05$) entre las resistencias de las muestras, a 14 días de curado; no siendo así a 28 días (cuadro 27 y figura 4). Esto estaría reafirmando que los componentes y el tiempo de curado del concreto juegan un rol fundamental en esta propiedad mecánica. A través del cuadro 25 se da cuenta de las comparaciones múltiples entre las muestras, mostrando que a 14 días de curado las muestras con proporción de 5% de CCA son las únicas que presentan diferencias significativas ($p = 0,017$) con valores por debajo de la muestra patrón. A 14 días estas diferencias persisten y están por encima de las de diseño (figura 4). A los 28 días las muestras con CCA tiene un comportamiento similar al concreto tradicional, no mostrando diferencias significativas ($p > 0,05$). Por tanto, se evidencia que la presencia de CCA como componente estructural del concreto influye en sus propiedades mecánicas a 14 días de curado, en particular en la resistencia a la compresión.

Del cuadro 22 y figura 3 podemos inferir que la muestra tradicional con 3% de CCA tiene un mejor comportamiento y similar a la muestra patrón, logrando desarrollar una mejor resistencia a la compresión que las muestras con porcentajes de CCA de 4 y 5%. Cabe resaltar que las otras muestras con CCA, si bien no fueron las mejores, obtuvieron una resistencia superior a la de diseño, ya sea a 14 y 28 días de curado.

V. CONCLUSIONES

- 5.1.** Los compuestos químicos que predominan en la Cal de Conchas de Abanico son el calcio (52.5%) y el oxígeno (44.71%).
- 5.2.** El agregado fino y grueso cumplen con las NTP y su uso es adecuado para la elaboración de concreto.
- 5.3.** A través del método ACI se determinaron las proporciones de los materiales como son 1:2.2:2.6/26.1; para el cemento, agregado fino, agregado grueso y agua respectivamente.
- 5.4.** Los concretos tradicional y con Cal de Conchas de Abanico superaron la resistencia de diseño, a los 14 y 28 días de curado; y solo a los 14 días la resistencia del concreto con CCA fue superior al tradicional.
- 5.5.** Existen diferencias significativas en la resistencia a la compresión del concreto solamente entre el grupo patrón y el grupo experimental con 5% de Cal de Conchas de Abanico, a los 14 días de curado.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1.** Seleccionar correctamente las canteras y los materiales a utilizar en la preparación de la mezcla de concreto, que cumplan con las NTP.
- 6.2.** Evaluar el comportamiento del concreto con sustituciones parciales de Cal de Conchas de Abanico en rangos superiores a los realizados en la presente tesis.
- 6.3.** Incentivar la búsqueda de nuevas alternativas de materiales para el concreto, en particular de reciclaje, que permitan reutilizar y disminuir costos de construcción.

VII. REFERENCIAS

1. ANDINA. Área de producción Parachique en Piura volverá a exportar conchas de abanico a Europa [en línea]. Agencia Peruana de Noticias. Octubre 8, 2018. [Fecha de consulta: 20 diciembre de 2018]. Disponible en <https://andina.pe/agencia/noticia-area-produccion-parachique-piura-volvera-a-exportar-conchas-abanico-a-europa-727819.aspx>
2. CASTAÑEDA, David. Análisis de la granulometría de la concha de abanico triturada para su uso como agregado en concretos. Tesis (licenciatura en Ingeniería Civil). Disponible en <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3011>
3. EUN-IK Yang, MYUNG-YU Kim, HAE-GEUN Park, SEONG-TAE Yi. Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete. *Construction and Building Materials* [en línea]. Volumen 24, N° 5, May 2010. [Fecha de consulta: 20 diciembre de 2018]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061809003699>
4. Exportación de concha de abanico alcanzará US\$100 millones al año [en línea]. El Comercio. Agosto 2018. [Fecha de consulta: 20 diciembre de 2018]. Disponible en <https://elcomercio.pe/economia/peru/exportacion-conchas-abanico-alcanzara-us-100-millones-ano-noticia-543095>
5. FARFÁN, Pierre. Uso de concha de abanico triturada para mejoramiento de subrasante arenosa. Tesis (Título de Ingeniero civil). Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2333/ICI_218.pdf?sequence=1
6. FLORES, Liz, MAZZA, Julio. Utilización de residuos de conchas de abanico como mejoramiento en las propiedades resistentes del concreto. Tesis (ingeniero civil). Disponible en <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/1912>
7. FONDECYT. Perú: Usan restos de conchas de abanico para producir concreto [en línea]. Octubre 2016. Disponible en <http://www.cienciaactiva.gob.pe/ciencia-al-dia/peru-usan-restos-de-conchas-de-abanico-para-producir-concreto>

8. GARCIA, Álvaro, MORÁN, Francisco, ARROYO, Juan. Hormigón armado. 15ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2010. 630 pp.
ISBN: 9788425223075
9. GOMEZ, Jaime, NIÑO, Jairo. Tecnología del Concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas. 3.ª ed., Bogotá: Asocreto, 2010. 228 pp.
ISBN: 9789588564036.
10. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos & BAPTISTA, María. Metodología de la investigación (6a ed.). México D.F.: McGraw Hill Interamericana. 2014. 634 pp.
11. HUNG, Kim, JOHNSON, U, ZAMIN, Mohd, CHENG, Siew, INN, Wan y WAH, Choon. Recycling of seashell waste in concrete. Revista internacional de investigación [en línea]. Febrero 2018, n°.162. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2018]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817324042>
12. INDECOPI (Perú). NTP 339.185. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima: 2014. 20 pp.
13. INDECOPI (Perú). NTP 400.010. Extracción y preparación de las muestras. Lima: 2011. 8 pp.
14. INDECOPI (Perú). NTP 400.012. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Lima: 2013. 12 pp.
15. INDECOPI (Perú). NTP 400.017. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. Lima: 2011. 14 pp.
16. INDECOPI (Perú). NTP 400.018. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 mm (n° 200) por lavado en agregados. Lima: 2011. 9 pp.

17. INDECOPI (Perú). NTP 400.021. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Lima: 2011. 8 pp.
18. INDECOPI (Perú). NTP 400.022. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima: 2013. 18 pp.
19. INDECOPI (Perú). NTP 400.037. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima: 2014. 20 pp.
20. INDECOPI (Perú). NTP 339.034. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a compresión del concreto en muestras. Lima: 2008. 18 pp.
21. MEHTA, P. Avances en la tecnología del concreto. *Revista Construcción y Tecnología*, Octubre 2000. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. Disponible en <http://www.imcyc.com/revista/2000/octubre2000/concreto.htm>
22. MEZA, Édison. Estudio de mortero de mediana a baja resistencia de cemento, con adición de cal aérea. Tesis (Título de Ingeniero civil). Lima: Universidad nacional de Ingeniería, 2004. 264 pp.
23. MONTEJO, Alonso, MONTEJO Francy, MONTEJO, Alejandro. Tecnología y patología del concreto armado. 1.a ed. Bogotá: Universidad de Colombia, 2013. 540 pp. ISBN: 9789588465500
24. NEVILLE, Adam. Tecnología del concreto. 1ª. ed. Trillas: México, 1998. 329 pp. ISBN: 9789682404610
25. NIZAMA, Douglas. Valoración de residuos crustáceos para concretos de baja resistencia. Tesis (Título de Ingeniero civil). Disponible en <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2194>
26. NGUYEN, Dang, BOUTOUIL, Mohamed, SEBAIBI, Nassim, LELEYTER, Lydia y BARAUD, Fabienne. Valorization of seashell by-products in pervious concrete pavers. *Revista internacional de investigación* [en línea]. Diciembre 2013, N° 49. [Fecha de

- consulta: 4 de diciembre de 2018]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061813007472>.
27. REVISTA Asociación nacional de fabricantes de cal (ANFACAL) [en línea]. México: 2007. Disponible en <http://anfocal.org/pages/usos-y-aplicaciones-de-la-cal.php>.
28. RIVVA, Enrique. Diseño de mezclas. 2^a. ed. Instituto de la construcción y gerencia: Lima, 2014. 285. pp.
29. SAAVEDRA, José. Interacción de la concha de abanico triturada con los agregados triturados y redondeados en mezclas de concreto. Tesis (pregrado en Ingeniería Civil). Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2582/ICI_222.pdf?sequence=1&isAllowed=y
30. SÁNCHEZ, Diego. Tecnología del concreto –tomo 2 manejo y colocación en obra 3.^a ed. Colombia: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2011. 232 pp. ISBN: 9789588564050
31. VARHEN, Christina, CARRILLO, Shirley, RUIZ, Gaby. Experimental investigation of Peruvian scallop used as fine aggregate in concrete. *Construction and Building Materials* [en línea]. Abril 2017, N° 136. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2018]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817300922>
32. WEN-TEN, Kuo, HER-YUNG, Wang, CHUN-YA, Shu y DE-SIN, Su. Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells. *Revista internacional de investigación* [en línea]. Septiembre 2013, N° 46. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2018]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061813003437>

VIII. ANEXOS.

Anexo 1. Materiales para la mezcla de concreto.



Anexo 2. Equipo de mezcla dispuesto para iniciar el trabajo.



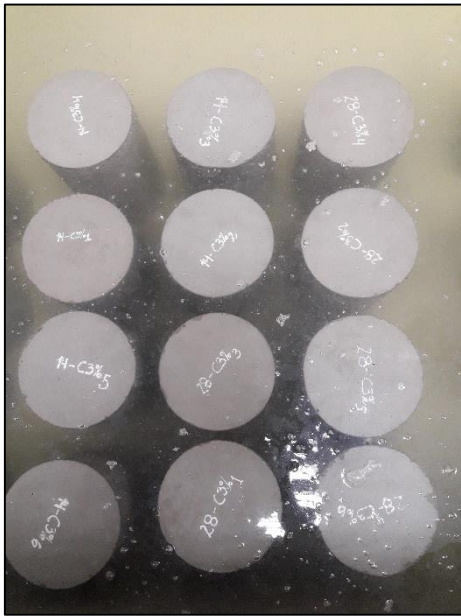
Anexo 3. Medida del asentamiento con el cono de Abrams.



Anexo 4. Llenado de probetas.



Anexo 4. Curado de probetas.



Anexo 5. Trabajo de rotura de probetas en laboratorio.



Anexo 6. Rotura de probetas a 14 días de curado.



Anexo 7. Rotura de probetas a 28 días de curado.

