

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Resistencia de Adoquines de Concreto $F^{\prime}C = 320 \text{ Kg/Cm}^2$,
Sustituyendo el Cemento en 15% y 30% por una Combinación
de Cáscara de Huevo y Vidrio Molido

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Jaimes Acuña, Victor Roberth

Asesor

Salazar Sánchez, Dante

Huaraz – Perú

2018

ÍNDICE

Contenido

Titulo.....	i
Palabras Clave – Keywords – Línea de Investigación.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
I. INTRODUCTION.....	1
II. METODOLOGÍA.....	40
III. RESULTADOS.....	58
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	76
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
VI. AGRADECIMIENTOS.....	84
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
VIII. ANEXOS Y APÉNDICES.....	86

Índice de Tablas

Tabla 1: Características químicas de los cementos peruanos.....	8
Tabla 2: Características físicas de los cementos peruanos características físicas de los cementos peruanos	9
Tabla 3: Límites de porcentaje que pasa, agregado fino	10
Tabla 4: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.....	13
Tabla 5: Clasificación de la consistencia de una mezcla en función del revenimiento obtenido.....	15
Tabla 6: Revenimientos recomendados para distintos tipos de construcción	15
Tabla 7: Consistencia / asentamiento.....	17
Tabla 8: Circunstancias que afectan a la durabilidad.....	19
Tabla 9: Clasificación de adoquines	23
Tabla 10: Espesor Nominal Absorción y Resistencia a la Compresión.....	23
Tabla 11: Clasificación general de vidrios según su composición.....	30
Tabla 12: Límites generales de los componentes principales de los vidrios silíceos.....	30
Tabla 13: Propiedades del vidrio	31
Tabla 14: Análisis químico de cáscara de huevo	37
Tabla 15: Concentración de carbonato de calcio en la cáscara de huevo	38
Tabla 16: diseño experimental de Bloque completo al azar	41
Tabla 17: Técnica de recolección de información	43
Tabla 18: Proceso tecnológico de la cascara de huevo	52
Tabla 19: Resultado del Peso Unitario del Peso Unitario del Agregado Grueso (Confitillo).....	58
Tabla 20: Resultado del Peso Unitario del Peso Unitario del Agregado Fino	58
Tabla 21: Resultado del Contenido de Humedad del confitillo	59
Tabla 22: Resultado del Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	59
Tabla 23: resultados del Análisis Granulométrico del Agregado Grueso (Confitillo).....	60
Tabla 24: Resultado del análisis granulométrico Análisis Granulométrico del Agregado Fino	61
Tabla 25: Análisis del Peso Específico y Absorción del confitillo	63
Tabla 26: Análisis del Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.....	63
Tabla 27: Fluorescencia De Rayos X de la Cascara de Huevo Pulverizada	64
Tabla 28: Fluorescencia De Rayos X del Vidrio Molido.....	65
Tabla 29: Ph del Cemento, cascara de huevo, vidrio molido y sus Combinaciónes ...	66
Tabla 30: Comparación de la relación A/C	66
Tabla 31: Comparación de Pesos de los Adoquines	69
Tabla 32: Resistencia a la compresión 100% de cemento	69
Tabla 33: Resistencia a la compresión con 85% de cemento y 15% de la combinación	70
Tabla 34: Resistencia a la compresión con 70% de cemento y 30% de la combinación	71
Tabla 35: Comparación de Ensayos a Compresión en kg/cm ²	72
Tabla 36: Calculo de la prueba Anova.....	75
Tabla 37: Comparación de los componentes químicos del cemento y los materiales de sustitución	77
Tabla 38: Comparación de la relación agua/cemento de los adoquines patrón y experimentales.	78

Tabla 39: Comparación de las Resistencias a la Compresión del Concreto Patrón y Experimentales (proporción de 3:1).....	79
--	----

Índice de Figuras

Figura N° 1: Componentes del concreto	6
Figura N° 2: Calzada Romana (Recreación).....	20
Figura N° 3: Fabricación mecanizada de grandes lotes de adoquines	21
Figura N° 4: Adoquines de Concreto.....	22
Figura N° 5: Representación bidimensional de una red cristalina de sílice (a) frente a la sílice amorfa (b)	27
Figura N° 6: Usos del vidrio desechado de acuerdo al tamaño	33
Figura N° 7: Usos del vidrio desechado de acuerdo al tamaño	34
Figura N° 8: Cascara de huevo	34
Figura N° 9: Partes del huevo	36
Figura N° 10: Curva Granulométrico del Confitillo.....	60
Figura N° 11: Curva Granulométrica Según los Límites Permisibles según el A.G	61
Figura N° 12: Curva Granulométrico del Fino	62
Figura N° 13: Curva Granulométrica Según los Límites Permisibles según el A.F.....	62
Figura N° 14: Resultados de la resistencia a compresión a los 7 días	73
Figura N° 15: Resultados de la resistencia a compresión a los 14 días	73
Figura N° 16: Resultados de la resistencia a compresión a los 28 días	74
Figura N° 17: Resultados de la resistencia a compresión Vs Días	74
Figura N° 18: Resultados de la resistencia a compresión Vs Días	75
Figura N° 19: Resultados de la resistencia a compresión Vs Días	80

TITULO

**RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO $f_c = 320 \text{ KG/CM}^2$,
SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 15% Y 30% POR UNA
COMBINACION DE CASCARA DE HUEVO Y VIDRIO MOLIDO**

PALABRAS CLAVE:

Tema	Resistencia de Adoquín, Cáscara de Huevo, Vidrio Molido
Especialidad	Tecnología del concreto

KEYWORDS:

Topic	Resistance of cobble, Egg Shell, Ground Glass
Specialty	Concrete Technology

LINEA DE INVESTIGACION:

LINEA DE INVESTIGACION	AREA	SUB AREA	DICIPLINA	CAMPOS DE INVESTIGACION
Estructuras	2.00 Ingeniería y Tecnología	2.1 Ingeniería Civil	2.1.1 Ingeniería Civil 2.1.2 Ingeniería de la Construcción	- Análisis y Diseño de las Estructuras -Desempeño Estructural
Construcción y Gestión de la Construcción	2.00 Ingeniería y Tecnología	2.1 Ingeniería Civil	2.1.1 Ingeniería Civil 2.1.2 Ingeniería de la Construcción	- Materiales de la construcción. - Tecnología de la construcción y Procesos constructivos. - Formulación y gestión de proyectos Civiles. - Calidad, seguridad y salud en la construcción

Resumen

Como una alternativa para mitigar el impacto ambiental, se planteó en este proyecto de investigación una metodología con el fin de buscar propuestas innovadoras, que permitan el aprovechamiento de materiales y residuos para su reincorporación en otros procesos constructivos que sean viables, como es, en este caso en la fabricación de adoquines de concreto, con la sustitución del cemento en 15 % y 30% en una proporción de 3:1 por una combinación de cascara de huevo y vidrio molido.

Para ello el objetivo de esta investigación fue determinar la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto de tipo peatonal con $f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$, elaborados sustituyendo el cemento en 15% y 30 % por la combinación de cascara de huevo (pulverizada) y vidrio molido. El estudio se realizó en la ciudad de Huaraz, utilizando residuos de las actividades cotidianas, con la sustitución del cemento por cascara de huevo y vidrio molido, los cuales fueron recolectados por diversos métodos aplicativos de extracción, además se usó agregado fino y grueso de la cantera de Taclán y Cemento Portland Tipo I.

Es una investigación de nivel explicativo de diseño experimental pues se 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.

Finalmente 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/cm^2 , del mismo modo la sustitución del cemento en 30% alcanzo una resistencia de 325.18 kg/cm^2 , respecto al adoquín patrón sin sustituir que alcanzo una resistencia de 350.28 kg/cm^2 .

Abstract

As an alternative to mitigate the environmental impact, a methodology was raised in this research project with the aim of looking for innovative proposals that allow the use of materials and waste for their reinstatement in other processes. Constructive that are viable, as is, in this case in the manufacture of concrete paving stones, with the replacement of cement in 15% and 30% by a combination of egg shell and ground glass.

To this end, the objective of this research was to determine the compressive strength of the pedestrian-type concrete paving stones with $f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$, made by substituting the cement in 15% and 30% for the combination of egg shell (pulverized) and ground glass. The study was carried out in the city of Huaraz, using residues of the daily activities, with the substitution of the cement by egg shell and ground glass, which were collected by various methods of extraction applications, in addition it was used added Fine and coarse Taclán quarry and Portland Cement Type I.

It is an explanatory level investigation of experimental design because the concrete mixing design was carried out by the ACI method, as well as the corresponding tests of all the concrete materials, and then elaborated 27 cobblestones, 9 patterns, 9 cobblestones. Experimental with 15% replacement of cement and 9 experimental paving stones with 30% replacement of cement, Having as instruments the technical data sheets of the laboratory of soil mechanics and tests of materials used in the process of the information, through the program Excel and analyzed with tables, graphs, percentages, averages, variances, etc. The compression test breaks were performed at 7, 14 and 28 days of curing, analyzing and compared the resistances of the pattern samples and the experimental samples.

Finally, it was concluded that the resistance achieved at 28 days of the experimental paving stone, replacing the cement by 15% with a combination of pulverized eggshells and ground glass, was 361.50 kg / cm^2 , in the same way the replacement of the cement in 30% reached a resistance of 325.18 kg / cm^2 , compared to the un substituted pattern paver that reached a resistance of 350.28 kg / cm^2 .

I. INTRODUCTION

De los antecedentes encontrados se ha abordado algunos trabajos relevantes a esta investigación, como el de Mohamad. (2015) En su proyecto “the effect of eggshell powder on concrete brick performance as partial replacement of cement” realizado en UNIVERSITI MALAYSIA PAHANG, investigó el efecto del polvo de cascara de huevo en el rendimiento de ladrillo de hormigón como reemplazo parcial del cemento, donde tuvo como objetivo principal investigar la posibilidad de utilizar el polvo de cáscara de huevo como un parcial reemplazo de cemento en la fabricación de ladrillos para producir buen material de cementación. Los resultados que obtuvo indicaron que el polvo de cáscara de huevo puede ser utilizado con éxito como reemplazo parcial del cemento en la producción de ladrillos de concreto. Con respecto a los resultados, al 5% de reemplazo de cáscara de huevo, la fuerza fue más alto que el ladrillo de concreto patrón e indico que el 5% de reemplazo de cáscara de huevo fue un contenido óptimo.

Por otra parte, Afolayan, et al. (2017) En su proyecto “investigating the effect of eggshell ash on the properties of sandcrete block”, realizado en la Academia de Defensa de Nigeria, indicaron como propósito investigar y presentar un estudio experimental sobre el efecto de reemplazar el cemento con ceniza de cáscara de huevo en la producción de bloque arenado. De los resultados del estudio, se concluyó que la ceniza de cáscara de huevo se puede utilizar como un acelerador, cuanto mayor sea el porcentaje del contenido, mayor será el efecto de aceleración. La resistencia a la compresión obtenida en los diferentes contenidos de ceniza de cáscara de huevo fue satisfactoria, he indicaron que los mejores resultados se obtuvieron al 30% de reemplazo del cemento con un valor de resistencia a la compresión de 4.7N / mm² de la fuerza de 28 días que fue mayor al concreto patrón a los 28 días y cumplió con el requisito estándar en el código de construcción nigeriano.

También se revisó la investigación de Huanio Estrada & Sánchez Bermudez. (2017) En su tesis para obtener el título profesional de ingeniero Agroindustrial, titulado “Determinación de la granulometría óptima del carbonato de calcio obtenido de la

cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos del valle del santa”, realizado en la Universidad Nacional del Santa, Plantearon como objetivo general, determinar la granulometría optima del carbonato de calcio (CaCO_3) obtenida de la cáscara de huevo, para el mejoramiento de suelo acido en el valle del santa. Concluyeron que la granulometría optima del carbonato de calcio (CaCO_3) es de 0.125mm; obtenida de la cascara de huevo, de manera que se logró mejorar el suelo acido en el valle del Santa. Se determinó que la concentración existente de calcio es de 0.16375 mg de Ca/100gr muestra) en la cáscara de huevo.

Igualmente se revisó la tesis de Vargas. (2015) En su Proyecto Final de Graduación para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental, titulado “Reutilización de vidrio plano como agregado fino en la elaboración de morteros de cemento y concretos”, realizado en Instituto Tecnológico de Costa Rica, tuvo como objetivo general evaluar el uso del vidrio plano desechado como parte del agregado fino para el sector de la construcción, de las cuales concluyó que la utilización del vidrio molido como parte del agregado fino para la realización de morteros es muy factible. Las muestras elaboradas con vidrio plano en su composición presentaron resistencias a la compresión mayores a las obtenidas con la mezcla patrón. Además, la trabajabilidad de la pasta en estado fresco fue bastante buena, especialmente cuando se trabajó con una relación A/C de 0,48, es decir con las mezclas de V-I y V-R, también se menciona que, en los concretos los resultados de resistencia a la compresión a la edad de 28 días dieron valores similares entre todas las mezclas realizadas incluyendo la mezcla Patrón, por lo que se considera que el vidrio molido no afecta al comportamiento de la resistencia en el concreto. (Córdova Sánchez, 2018),

Así mismo Córdova Sánchez. (2018) En su tesis para optar el título de Ingeniero Civil Ambiental, denominado “Análisis del Concreto Simple Utilizando Vidrio Pulverizado como Adición para Concreto de Alta Resistencia con Agregados de la Ciudad de Chiclayo”, realizado en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, tuvo como propósito principal conocer cuál es el porcentaje y tamaño óptimo de vidrio que

puede ser añadido al concreto. El proyecto se basó en un estudio de los agregados de las canteras más representativas de la zona y también en la evaluación del concreto en estado fresco y endurecido, y la durabilidad de este mismo. Concluyó que el vidrio pulverizado puede reemplazar el cemento sin afectar su resistencia en un 10% del peso del mismo a un tamaño de 0.15mm. y que la adición del vidrio no genera cambios en propiedades de concreto fresco como peso unitario, contenido de aire y exudación, pero si genera cambios considerables en cuanto al tiempo de fraguado, aplicado a resistencia a la compresión de 385 kg/cm², 420 kg/cm² y 455 kg/cm².

También se revisó el proyecto de alemán. (2017) El cual realizó para optar el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Privada del Norte, su objetivo principal fue determinar la resistencia a compresión axial del mortero cemento-arena 1:4 con el reemplazo de vidrio molido, por lo que concluyó que la resistencia a compresión axial del mortero cemento-arena 1:4 reemplazando el cemento por vidrio molido se incrementa en un porcentaje superior al 10%. Al mismo tiempo se comparó que la resistencia a compresión axial de las probetas del mortero cemento-arena 1:4 aumentan con el reemplazo del 5% de cemento por vidrio molido a partir de los 7 días en un porcentaje de 21.70% con respecto de la probeta patrón y a los 28 días la resistencia a compresión se incrementa en un porcentaje de 19.27% con respecto a la probeta patrón; donde se puede notar una disminución leve de la resistencia a compresión en un porcentaje de 2.43%.

Por último, se revisó el proyecto de Cabrera Barboza. (2014) Realizado en la Universidad Privada del Norte, indicó como objetivo principal comparar la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado. Concluyó que, entre los adoquines fabricados con un porcentaje de vidrio, se puede afirmar que aquéllos con un 25% y 50 % de vidrio de grano grueso presentan una mayor resistencia que aquellos sin vidrio. Por otro lado, indicó que los adoquines con un porcentaje de vidrio cumplen con el porcentaje de absorción establecido en la norma NTP 399.611.

La presente investigación se justifica en el aspecto ambiental, técnico, económico, social y científico.

Se busca reducir la gran cantidad de vidrio y cascara de huevo que llega a los botaderos y darle un nuevo uso para así disminuir esos tipos de residuos, en este caso presentar la oportunidad de reutilizarlos en la fabricación de adoquines de concreto.

Los materiales puzolánicos obtenidos de manera natural, que pueden ser sustituyentes del cemento en la elaboración de concretos, están hoy en día firmemente establecido como un método técnico y considerado como material de construcción, pero en nuestro país todavía no se implementa a gran escala la utilización de dichos materiales puzolánicos (naturales), motivo por el cual no se cuenta con información técnica sobre el efecto de la sustitución del cemento por materiales puzolánicos naturales en el concreto. Es así que resulta importante evaluar las propiedades del concreto con sustitución del cemento por materiales puzolánicos naturales y la presente investigación simboliza la oportunidad de realizar un estudio experimental de la sustitución parcial del cemento por cascara de huevo y vidrio molido.

Sería más económico procesar el vidrio molido y la cascara de huevo pulverizada para obtener los óxidos de sílice y calcio que se asemejan a la composición química del cemento y siendo así aportarían óptimamente a las propiedades mecánicas de concreto.

Por otro lado, se impulsaría el buen manejo de residuos sólidos domiciliarios, incentivando la práctica del reciclaje y el rehúso del vidrio que muchas veces llegan al botadero y no vuelven a ser usados, además de mostrar la ciudad de Huaraz limpio y con menos desechos, dando una mejor imagen a nuestra ciudad.

A lo largo del tiempo son muchos los progresos tecnológicos que se han desarrollado como ejemplo el cemento portland, concreto lanzado, concreto contra incendios, entre otros. Por ello el presente proyecto también contribuirá a la investigación científica aportando en los avances tecnológicos del concreto, ya que la realización del concreto diseñado cumple con las mismas especificaciones que un concreto normal, debido a que el vidrio pulverizado tiene alto contenido de sílice alcanzando un aproximado de

70% y este nos permitiría tener resistencia considerablemente alta con la finalidad de colocar el concreto en servicio a una edad mucho menor, en el caso de la cascara de huevo esta primariamente compuesta de carbonato de calcio (CaCO_3), responsable de su alta reactividad en la sustitución del cemento.

La problemática de la presente investigación se pone de manifiesto en los siguientes párrafos:

La fabricación de cemento es muy frecuente, porque es un ingrediente clave utilizado para la producción del concreto, sin embargo, genera una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, pues su fabricación de una tonelada de cemento resulta en la emisión de una tonelada de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera. Por ello se propone el uso de materiales de desecho sólidos o subproductos industriales como reemplazo parcial del cemento en el concreto, siendo una estrategia viable para reducir el uso del cemento Portland, y reducir los impactos ambientales.

Así mismo, en los últimos años la emisión de gases de efecto invernadero ha ido aumentando considerablemente en los diferentes países, ya sea por la quema de basura o de elementos que son desechados y llevados a botaderos informales o inadecuados. Hoy por hoy, la contaminación ambiental es uno de los grandes problemas por la cual atravesamos, y esto se produce por la actividad humana y el déficit que existe en la gestión de los residuos.

Por otro lado, las empresas concretaras buscan materiales o aditivos innovadores que les permita reducir la cantidad de cemento sin perder las propiedades de la mezcla y hacer que su proceso productivo sea sostenible, con el resultado de construcciones duraderas, sin embargo, existe la problemática que en nuestro entorno por tratar de economizar el cemento recurren a agregar menos de lo especificado en las normas, obteniendo resultados desastrosos.

Por todo lo mencionado, el presente trabajo de investigación se enfoca en tratar de reducir dichos problemas, a través de la sustitución parcial del cemento por vidrio molido que se encuentra a un bajo costo y la cascara de huevo que se encuentra como

residuo de las actividades cotidianas que no son aprovechadas, de lo cual se espera que la combinación de ambos materiales en la sustitución del cemento, tenga una elevada resistencia a la compresión.

Por todo lo mencionado se plantea el problema de investigación de la siguiente forma:

¿Cuál será la resistencia a compresión de adoquines de concreto sustituyendo el cemento en 15% y 30% por una combinación de vidrio molido y cascará de huevo triturada, en la Ciudad de Huaraz, 2018?

De la bibliografía consultada se pudo revisar diversas definiciones que serán útiles para el desarrollo de la investigación, tales como:

Concreto

El concreto es el material de construcción más utilizado debido a su versatilidad, durabilidad y economía. Básicamente consiste en dos componentes: el agregado y la pasta. La pasta se forma con el cemento y agua, y tiene la función de unir los agregados, que son una mezcla de piedra y arena, en una masa similar a una roca. Así entonces, el cemento es el que produce la reacción química que permite el endurecimiento de la pasta, formando el concreto, y los agregados permiten mejorar la trabajabilidad, la resistencia y la disminución de costos (Vargas , 2015).



Figura N° 1: *Componentes del concreto*

Fuente: (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi , 2004)

Componentes del concreto

El cemento

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

$$\text{Cemento Portland} = \text{Clinker Portland} + \text{Yeso}$$

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad (Torre C., 2004).

Los componentes principales del cemento incluyen (Córdova, 2018):

- Sílice (anhídrido silícico) SiO_2
- Cal (óxido cálcico) CaO
- Alúmina (óxido aluminio) Al_2O_3
- Óxido Férrico Fe_2O_3

Siendo la composición de óxidos del cemento:

- CaO 60% al 67%
- SiO_2 17% al 25%
- Al_2O_3 3% al 8%
- Fe_2O_3 0.5% al 6%

Estos cuatro compuestos principales del Clinker suponen del 90% al 95% del total. El porcentaje restante corresponde a los llamados compuestos secundarios, los cuales pueden agruparse en (Córdova, 2018):

- Óxido de Cal libre
- Óxido de magnesia
- Óxidos de sodio y potasio.

Características Físicas Y Químicas De Los Cementos Peruanos

Según Pasquel (1998), se fabrican en el Perú los cementos Tipo I, Tipo II, Tipo V, Tipo IP y Tipo IPM.

En la siguiente tabla se pueden observar las características físicas y químicas de los cementos de fabricación nacional suministradas por los fabricantes, con excepción del Cemento Rumi, cuyo productor no accedió a proporcionarlas.

Tabla 1: Características químicas de los cementos peruanos

Características químicas de los cementos peruanos

ELE MEN TO	SO L TIPO OI	ATL AS TIPO I	AND INO TIPO I	AND INO TIPO II	AND INO TIPO V	YU RA TIPO OI	YUR A TIPO IP	YUR A TIPO IPM	PACA SMAY O TIPO I	PAC ASM AYO TIPO V	RU MI TIPO O I(*)
CAO	63.2 00	53.65 0	64.18 0	63.83 0	64.60 0	65.9 00	46.30 0	53.80 0	63.020	62.92 0	44.1 90
SIO₂	19.7 90	26.28 0	21.86 0	22.58 0	22.51 0	22.6 00	43.51 0	33.34 0	19.500	20.50 0	21.6 70
AL₂ O₃	6.15 0	6.440	4.810	14.21 0	3.040	4.15 0	3.360	4.800	6.200	4.070	1.56 0
FE₂O₃	2.82 0	4.840	3.230	3.110	4.280	2.41 0	1.980	2.040	3.300	5.140	5.01 0
K₂O	0.96 0	1.070	0.650	0.540	0.560				0.700	0.680	0.72 0
NA₂ O	0.28 0	0.370	0.150	0.120	0.130				0.260	0.220	1.69 0
SO₃	2.58 0	2.840	2.410	2.380	2.360	1.66 0	1.420	2.040	2.500	1.830	1.09 0
MG O	3.16 0	2.760	0.960	0.970	0.920	1.24 0	1.300	1.370	2.130	2.100	1.06 0
CAL LIBRE	0.52 0	0.290	0.590	0.400	0.550				1.200	1.100	
P. IGNI CIÓN	0.80 0	1.630	1.240	1.460	1.080	0.96 0	1.600	1.870	2.300	1.930	2.85 0
R. INSOLUBLE	0.62 0	10.21 0	0.420	0.590	0.570	0.48 0	26.70 0	15.69 0	0.500	0.680	2.99 0
C₃S	54.1 80		51.33 0	48.73 0	58.64 0	60.0 00			54.850	60.44 0	- 9.21 0

C2S	15.8	23.95	27.98	20.30	19.7			14.520	13.18	69.0
	70	0	0	0	00				0	80
C3A	11.5	7.280	5.890	0.810	6.92			10.850	2.090	-
	30				0					4.34
										0
C4A	8.57	9.820	9.450	13.01	7.33			10.030	15.63	15.2
F	0			0	0				0	50

Fuente: Pasquel, 1998.

Tabla 2: Características físicas de los cementos peruanos características físicas de los cementos peruanos

Elemento	Sol Tipo I	Atlas Tipo IP	Andino Tipo I	Andino Tipo II	Andino Tipo V	Yura Tipo I	Yura Tipo IP	Yura Tipo IPM	Pacas mayo Tipo I	Pacasmayo Tipo V
Peso Específico (gr/cm ³)	3.11	3.03	3.11	3.18	3.11	3.11	2.86	2.95		
Fineza malla 100(%)	0.04	0.003	0.34	0.1	0.2					
Fineza malla 200(%)	4.14	0.38	5.66	4.71	2.58					
S. específica Blaine (cm ² /gr)	3.477	4.472	3.3	3.4	3.4	3.597	4.086	3.848	3.4	3.3
Contenido de Aire(%)	9.99	9.82	6.5	5.35	5.22				10.5	10.1
Expansión en autoclave(%)	0.18	0.15	0.02	0.01	-0.01	0.2	0.11	0.26	0.22	0.14
Fraguado inicial Vicat	1hr 49'	1hr 59'	2hr 50'	3hr 15'	2hr 15'	2hr	2hr	2hr 10'	2hr 29'	2hr 40'
Fraguado final Vicat	3hr 29'	3hr 41'	3hr 45'	4hr 30'	3hr 45'	4hr	4hr	4hr 10'	4hr 10'	5hr 20'
F'c a 3 días (kg/cm ³)	254	235	204	160	184	242	140	240	168	154
F'c a 7 días (kg/cm ³)	301	289	289	205	243	335	222	299	210	196
F'c a 28 días (kg/cm ³)	357	349	392	320	362	388	316	367	273	258
Calor de hidratación a 7 días(cal/gr)	70.6	60.5	64.93	63.89	59.02					
hidratación a 28 días(cal/gr)	84.3	78.4								

Fuente: Pasquel, 1998.

Los Agregados

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendida entre los límites fijados en la norma NTP 400.11.

Los agregados pueden ser obtenidos o producidos a partir de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas. La presencia o ausencia de un tipo geológico determinado no es suficiente para definir a un agregado como adecuado o inadecuado. (Rivva López, 2000)

Agregado Fino

Se define como agregado fino a aquel que posee partículas muy finas, tienen que ser agregados menores de 4.75 mm (malla N° 4) pero mayores de 0.075 mm (malla N° 200) y cumplen con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 o ASTM C33. (Rivva López, 2000)

Los agregados podrán consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistencia, libres de polvo, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales otras sustancias dañinas para el concreto. (Rivva Lopez, 2000)

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Normas NTP 400.037 o ASTM C33. Se recomienda los siguientes límites:

Tabla 3: *Limites de porcentaje que pasa, agregado fino*

MALL A	PORECENAJE QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 a 100
N° 8	80 a 100
N° 16	50 a 85
N° 30	25 a 60
N° 50	10 a 30
N° 100	2 a 10

Fuente: Norma NTP 400.037

Se sabe también que cuanto menor es el módulo de fineza, dentro de los límites indicados, mayor es el valor lubricante del agregado fino, pudiéndose emplear menor cantidad de este y mayor cantidad de agregado grueso en la mezcla, sin que este deje de ser muy trabajable para el concreto (Rivva López, 2000).

Agregado Grueso

Son partículas de agregado mayor de 4.75mm, y el tamaño máximo que se utiliza dependerá de la calidad de agregado que se producen en la zona, y que cumple con los límites establecidos en las Normas ITINTEC 400.037 o ASTM C33. (Rivva Lopez, 2000)

El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil sea preferentemente angulas o semiangular, limpias duras, compactas, resistentes, de textura preferentes angulas y libres de materiales escamosos. (Rivva Lopez, 2000)

Las partículas deberán ser químicamente estables y estarán libre de escamas, tierra polvo, limo, sales, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica y otras sustancias dañinas. (Rivva Lopez, 2000)

Funciones De Los Agregado

El Ing. Sagastegui Plasencia nos menciona las tres principales funciones del agregado en el concreto son (Córdova, 2018):

Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta por unidad de volumen y, es decir, reduce el costo de producción de unidad cubica de concreto.

Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecido.

Interrelación Agregado-concreto

El Ing. Sagastegui Plasencia nos da conocer las propiedades del concreto resultante del empleo de un agregado determinado depende de (Córdova, 2018):

La composición mineral de las partículas de agregado, la cual influyen fundamentalmente sobre la resistencia y durabilidad del concreto.

Las características superficiales de las partículas, las cuales influye especialmente sobre la trabajabilidad, fluidez y consistencia del concreto.

El volumen de agregado por unidad de volumen de concreto, el cual influye especialmente en los cambios de volumen debidos a los procesos de humedecimiento y secado.

La porosidad y absorción del agregado, las cuales influyen sobre la relación agua-cemento.

El Agua

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo, algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades (Torre, 2004).

Requisitos De Calidad

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

Tabla 4: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado

DESCRIPCIÓN		LIMITE PERMISIBLE	
solido en suspensión (residuo insoluble)	5000	ppm	Máximo
materia orgánica	3	ppm	Máximo
alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	ppm	Máximo
sulfatos (ion SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ion Cl ⁻)	1000	ppm	Máximo
PH	5 a 8		Máximo

Fuente: norma NTP 339.088.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales (Pasquel, 1998):

Reaccionar con el cemento para hidratarlo.

Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.

Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento (Pasquel, 1998).

Como dato interesante, es una evidencia que en el Perú muy pocas "aguas potables" cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos, sin embargo, sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto, por lo que no debe cometerse el error de establecer especificaciones para agua que luego no se pueden satisfacer en la práctica (Pasquel, 1998).

Resistencia del Concreto

Kosmatka et al (2004), definen a la resistencia a la compresión (f'_c) como “la medida máxima de resistencia a carga axial de especímenes de concreto”, es decir es la propiedad del concreto de resistir cargas aplicadas. Esta medida se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) y también en megapascuales (MPa).

No obstante, de los factores que más influye en el concreto es la relación A/C ya que entre más agua se le agrega a la mezcla menor va a ser la resistencia obtenida; esta correlación se debe a que cuando la pasta se endurece quedan poros llenos de agua y de aire que no presentan resistencia, por lo que si hay gran cantidad de poros implicaría la existencia de muchos de estos puntos disminuyendo el valor de resistencia a la compresión, mientras que si hay pocos poros la resistencia tendería a aumentar (Kosmatka et al ,2004).

A parte de la resistencia, el concreto debe cumplir con otra propiedad importante: la durabilidad. Esta propiedad Kosmatka et al (2004) la definen como: “la habilidad del concreto en resistir a la acción del ambiente, al ataque químico y a la abrasión, manteniendo sus propiedades de ingeniería”. Cada tipo de cemento va a generar un concreto con durabilidad diferente que va a depender de la exposición al ambiente a que esté sometido y de cuáles son las propiedades que quieren en ese concreto. Asimismo, la proporción de los componentes del concreto y de las prácticas realizadas en la mezcla cuando esté fresca y endurecida van a influir en la durabilidad del concreto y en su vida útil.

Consistencia de la Mezcla

La consistencia es la capacidad del concreto de fluir cuando está en estado fresco y esta característica depende de la cantidad de agua utilizada a la hora de realizar la mezcla. Para medir la consistencia de una mezcla el método más usado es la prueba de revenimiento con el cono de Abrams. El revenimiento se refiere a la distancia vertical que el concreto se asienta una vez que se quita el cono (Vargas, 2015)

Tabla 5: Clasificación de la consistencia de una mezcla en función del revenimiento obtenido

Consistencia	Asiento en el cono de Abrams (mm)	Tolerancia (mm)
Seca (S)	0-20	0
Plástica (P)	30-50	10
Blanda (B)	60-90	10
Fluida (F)	100-150	20
Líquida (L)	> 150	0

Fuente: (Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto, 2009)

Dependiendo de qué es lo que se quiere construir, la consistencia de la mezcla (y por ende su revenimiento) puede variar; por lo tanto, el diseñador debe especificar cuál es el revenimiento requerido para ese tipo de mezcla. No obstante, Kosmatka et al (2004) recomiendan revenimientos para varios tipos de construcción.

Tabla 6: Revenimientos recomendados para distintos tipos de construcción

Construcción de concreto	REVESTIMIENTO mm (PULG)	
	Máximo	Mínimo
Zapata y muros de cimentación reforzado	75(3)	25(1)
zapatas, cajones y muros de subestructura sin refuerzo	75(3)	25(1)
vigas y muros reforzados	100(4)	25(1)
columnas de edificios	100(4)	25(1)
pavimentos y losas	75(3)	25(1)
concreto masivo	75(3)	25(1)

Fuente: Kosmatka et al (2004)

Propiedades del Concreto

En estado fresco

El Concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento. El Comportamiento Geológico del concreto fresco depende de (Torre, 2004):

Relación agua / cemento

Grado de hidratación

Tamaño de partículas

Mezclado

Temperatura

La Trabajabilidad

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga. La trabajabilidad depende de dimensiones del elemento.

- Secciones armadas.
- Medios de puesta en obra.

Habrá una mayor trabajabilidad (Torre, 2004):

Contenga más agua.

Más finos.

Agregados redondeados.

Más cemento.

Fluidificantes / plastificantes.

Adiciones.



Repercute en la resistencia (Baja).

Consistencia

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende de (Torre, 2004):

Agua de amasado.

Tamaño máximo del agregado.

Granulometría.

Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Tipos de consistencia:

Son las siguientes (Torre, 2004):

Seca – vibrado enérgico.

Plástica – vibrado normal.

Blanda – apisonado.

Fluida – Barra.

Tabla 7: *Consistencia / asentamiento*

consistencia	asiento (cm)
seca	0-2
plástica	3-5
blanda	6-9
fluida	10-15

Fuente: Torre (2004)

Homogeneidad y Uniformidad

Homogeneidad:

Es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa (Torre, 2004).

Uniformidad:

Se le llama cuando es en varias amasadas. Esta depende de (Torre, 2004):

Buen amasado.

Buen transporte.

Buena puesta en obra.

Se pierde la homogeneidad por tres causas:

Irregularidad en el mezclado.

Exceso de agua.

Cantidad y tamaño máximo de los agregados gruesos.

Esto provoca (Torre, 2004):

Segregación: separación de los áridos gruesos y finos.

Decantación: los áridos gruesos van al fondo y los finos se quedan arriba.

Compacidad

Es la relación entre el volumen real de los componentes del hormigón y el volumen aparente del hormigón. No se tiene en cuenta el aire ocluido (Torre, 2004).

En estado endurecido

Características físico-químicas

Impermeabilidad

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido (Torre, 2004).

La permeabilidad depende de (Torre, 2004):

Finura del cemento.

Cantidad de agua.

Compacidad.

Durabilidad.

Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos. Los que más influyen negativamente son (Torre, 2004):

Sales.

Calor.

Agente contaminante.

Humedad.

El efecto producido es un deterioro:

Mecánico.

Físico.

Tabla 8: *Circunstancias que afectan a la durabilidad*

Mecánica	Vibraciones, sobrecargas, impactos, choques.
Física	Oscilaciones térmicas, ciclos de hielo y deshielo, fuego, causas higrométricas.
Química	Contaminación atmosférica, aguas filtradas, terrenos agresivos
Biológicas	Vegetación o microorganismos

Fuente: Torre (2004)

Resistencia Térmica.

Dentro de este aspecto se encuentran las (Torre, 2004):

Bajas temperaturas – Hielo / deshielo (deterioro mecánico).

Altas temperaturas $>300^{\circ}$ C.

Características mecánicas.

Resistencia a compresión.

La resistencia a la compresión del concreto normalmente se la cuantifica a los 28 días de vaciado el concreto, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o cuando se emplean cementos especiales, pueden especificarse tiempos menores o mayores a 28 días (Torre, 2004).

Resistencia a Flexión

Generalmente su valor corresponde a 10% de la resistencia en compresión del concreto de un determinado $f'c$, esta propiedad nos sirve para diseñar estructuras que estarán cargadas y en el que es muy importante conocer esta propiedad (Torre, 2004).

Adoquines de Concreto

Historia de los adoquines:

Los adoquines tienen sus orígenes hace más de 20 siglos en el empedrado. Su aparición se debió a la necesidad sentida por el hombre de tener vías durables, limpias y seguras, que le permitieran un desplazamiento rápido en cualquier época del año (Montiel, 2017).

El Imperio Romano, hizo de las primeras vías de comunicación una cuestión esencial para la propia administración y control de los diversos pueblos. En su inicio fueron simples caminos, que libres de vegetación y de grandes obstáculos facilitaban enormemente el avance de los carros o la marcha rápida de ejércitos, pero pronto comenzaron a realizarse mejoras, en especial en aquellos que unían los puntos más importantes. Algunos caminos se reforzaron con losas de piedra que permitieron transitar por lugares en donde la lluvia y el lodo impedían el tránsito. Otros se convirtieron, por así decirlo, en prolongaciones de las avenidas de entrada y de salida de Roma, que a lo largo de cientos de kilómetros constituyó las vías principales (Montiel. 2017).

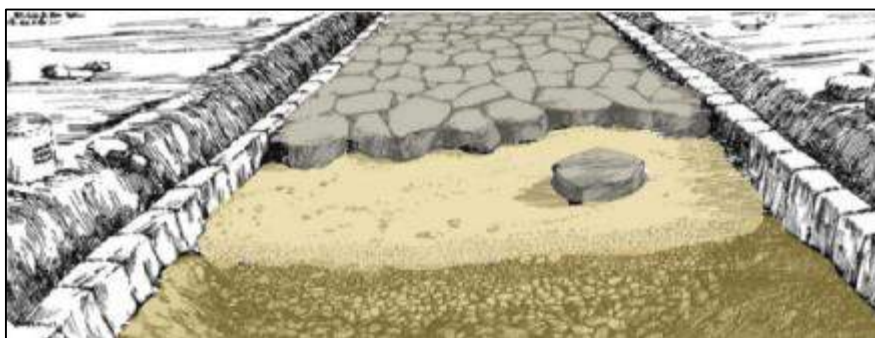


Figura N° 2: Calzada Romana (Recreación).

Fuente: (Montiel. 2017).

La construcción de los pavimentos de piedra continuó hasta comienzos del siglo XX, actualmente son pocos los pavimentos que se encuentran en servicio y en buen estado, lo cual atestigua su durabilidad. Con la urbanización en el siglo XIX y la aparición del automóvil de combustión interna a finales del mismo siglo, no resultaba económico ni práctico tallar una gran cantidad de piedras que requería el ritmo de pavimentación. Por esto, los adoquines de piedra comenzaron a sustituirse con los de arcilla recocida y por bloques de madera, gracias a lo cual se desarrollaron las técnicas de pavimentación con concreto y con asfalto, muy comunes en la actualidad (Montiel. 2017).

Los adoquines de concreto pronto mostraron grandes ventajas sobre los de arcilla, en especial, por su durabilidad. Más tarde, Alemania impulsaría el desarrollo de las

máquinas vibro-compresoras para elaborar en serie piezas de concreto, con lo cual se industrializó la producción de los adoquines, popularizándolos por todo el mundo (Montiel. 2017).

Al principio, los adoquines de concreto simplemente imitaban a los de piedra, con las consiguientes limitaciones estéticas, resultando más fácil tanto su fabricación como su colocación. Más tarde, conforme los procesos de fabricación fueron mejorando, se empezaron a introducir formas dentadas o curvas, donde las tolerancias dimensionales eran ya muy pequeñas. Esto permitió que las cuadrillas de colocación no fuesen tan especializadas como antiguamente, y que los adoquines se adaptasen mejor a cualquier alineación. La evolución técnica se disparó en la década de los 70, provocando la aparición de numerosos sistemas de fabricación, modelos de adoquines y principalmente, el abaratamiento de los costes de fabricación y colocación (Montiel. 2017).

Los adoquines en la actualidad.

Actualmente los adoquines se fabrican por medio de un mecanismo vibro-compresor y en grandes lotes, además, cuentan con una amplia diversidad de usos que tienen para pavimentar incluyendo desde una simple entrada de vehículos, calles, caminos secundarios, paseos peatonales y plazas, hasta pisos de puertos en donde el tránsito peatonal es demandante. Por ello conviene resaltar las bondades de este sistema a los arquitectos, proyectistas y diseñadores en cuanto a las ventajas de tipo estructural y estético, que permiten ampliar sus posibilidades de uso (Montiel. 2017).



Figura N° 3: *Fabricación mecanizada de grandes lotes de adoquines*

Fuente: (Montiel. 2017).

En algunos países europeos, así como en Brasil, se han tomado muy en serio el tema de la pavimentación con adoquines, tal es la importancia que le dan a este sistema que han optado por utilizar pavimentadoras de adoquines, reduciendo con ello los tiempos de ejecución de los trabajos incrementando el área a pavimentar (Montiel. 2017).

En nuestro país el adoquín no ha tomado tanta relevancia como lo son otros sistemas de pavimentación, la colocación de los adoquines aún se hace en forma manual, lo que lo convierte en un sistema con tiempos de ejecución más prolongados en comparación con otros, además de que la calidad de las piezas en muchas ocasiones es deficiente o por el contrario, el adoquín puede ser de excelente calidad pero el proceso constructivo o mano de obra es muy deficiente (Montiel. 2017).

El adoquín de concreto

El Adoquín de concreto es una pieza prefabricada de formas y colores diversos para su utilización en la construcción de sistemas de pisos de uso peatonal, ligero y pesado; cumpliendo con requerimientos de durabilidad y estéticos. Los adoquines constituyen un pavimento flexible con grandes ventajas constructivas y de gran durabilidad, la instalación es simple y requiere de poca maquinaria, no intervienen procesos térmicos ni químicos y es de rápida colocación (Vásquez, 2015).



Figura N° 4: Adoquines de Concreto

Fuente: (Olguín, “diseño de pavimentos con adoquines de concreto”)

Clasificación técnica

Según el uso de los adoquines de concreto

Tabla 9: *Clasificación de adoquines*

TIPO	DIMENSIONES			USO
	LARGO	ANCHO	ALTURA	
	(CM)	(CM)	(CM)	
i	20	10	4	veredas, parque, bulevares, plazas, terrazas, patios, andenes, zonas peatonales trafico vehiculares livianos
ii	20	10	6	vías internas en urbanizaciones, calles y avenidas con trafico vehiculares mediano
iii	20	10	8	Zonas de carga, patios de puertos, plataformas de aeropuertos, y zonas donde se tiene cargas muy altas e inclusive de vehículos montados sobre cargas.

Fuente: (Vásquez, 2015).

Características Técnicas

Tabla 10: *Espesor Nominal Absorción y Resistencia a la Compresión*

tipo	espesor nominal (mm)	Absorción (%)	resistencia a la compresión	
			promedio de 3 unidades Mpa (kg/cm ²)	unidad individual Mpa (kg/cm ²)
I	40	5-7	31(320)	28(290)
	60		31(320)	28(290)
II	60	5-7	41(420)	37(380)
	80		37(380)	33(340)
	100		35(360)	32(325)
III	>80	5-7	55(561)	50(510)

Fuente: (Vásquez, 2015).

Calidad de los Adoquines

La resistencia de los adoquines necesita ser mayor para aguantar la abrasión debido al tránsito, que para no partirse bajo las cargas de los tractores y camiones. Además, el

desgaste ocasionado en los adoquines por el paso de personas o animales es igual o peor que el de los vehículos. Por esto no se pueden usar adoquines de segunda calidad para áreas peatonales. Si estos no cumplen con los requisitos de medidas o resistencia, se utilizarán sólo en lugares donde no sea importe su calidad (Vásquez, 2015).

Procesos de Fabricación de Adoquines

El proceso de fabricación consta de las siguientes etapas: dosificado, mezclado, moldeado, fraguado y curado. A continuación, se describen brevemente las diferentes etapas (Daniel Estalin Hidalgo Laguna, 2013):

Dosificado:

El dosificado es el primer paso en el proceso de fabricación del adoquín. Consiste en diseñar la mezcla, es decir establecer las proporciones de cada uno de los componentes del concreto. El objetivo es que el producto final adquiera propiedades adecuadas principalmente cumpliendo con la resistencia a la compresión. La dosificación de cemento, agua y agregados dependen de factores tales como: granulometría, propiedades físico- químicas de los agregados, tipo de cemento, relación agua - cemento, etc. Por la cantidad de variables a controlar, el proceso se toma complejo, y se lo maneja de manera experimental.

Mezclado:

El objetivo de esta etapa es obtener una mezcla homogénea, misma que puede llevarse a cabo manual o mecánicamente. El método mecánico, que es el más utilizado, parte de colocar los diferentes componentes en la mezcladora, para que se combinen hasta obtener una mezcla de color uniforme.

Moldeado:

La mezcla es vertida en moldes, previamente limpios, para luego ser vibro compactados. La duración, frecuencia y amplitud de la vibración al igual que la presión

de compactación se determinan experimentalmente. Finalmente, se retiran los adoquines del molde evitando fracturarlos o deformarlos.

Fraguado:

El fraguado es la reacción química entre el cemento y el agua mediante la cual se produce el endurecimiento del concreto. Para que el fraguado ocurra satisfactoriamente, los adoquines deben permanecer protegidos del sol y del viento, a fin de evitar que el agua contenida en estos se evapore y detenga este proceso, en cuyo caso se obtendrá una resistencia a la comprensión pobre.

Curado:

El curado consiste en mantener la humedad del concreto, para lo se agrega periódicamente, consiguiéndose así que la reacción química del cemento continúe. Para esto, los adoquines se agrupan con la separación suficiente para que puedan humedecer totalmente por toda su superficie.

Usos, ventajas y propiedades de los adoquines (cabrera, 2014)

Usos:

En el campo de la construcción se lo emplea en calles, aceras, unidades residenciales, áreas peatonales, parques, senderos, centros comerciales, parqueaderos, etc. El adoquín es usado por ventajas que presenta sobre otros materiales, tales como: asfalto, pavimentos comunes, baldosas, etc.

Ventajas:

- Pueden fabricarse en una variedad de formas y colores que dan un mayor resalte visual al pavimento.
- Los adoquines pueden ser reutilizados después de reparaciones o modificaciones.
- No intervienen procesos térmicos ni químicos para su implementación.

- Pueden diseñarse para varios niveles de durabilidad y resistencia a la abrasión del tránsito y acciones de la intemperie.
- Facilidad en su instalación que no requiere de mano de obra especializada.
- Se adaptan a cualquier variación de las vías debido a que son elementos que no están unidos rígidamente.

Aspectos Visuales de Adoquines

Dimensiones: (Cabezas Fierro, 2014)

Los adoquines pueden tener dimensiones muy variadas según el modelo que se fabrique, pero se debe controlar que cada tipo cumpla con uniformidad en las dimensiones, porque variaciones apreciables perjudican el aspecto del pavimento y afectan las transferencias de cargas a través de las juntas.

Se recomienda que en los adoquines rectangulares la relación longitud/ancho en el plano no sea mayor de 2.0 y la relación espesor /largo no debe ser menor de 0.20 ni mayor de 0.50.

Peso:

Los adoquines tienen un peso característico en función a las dimensiones y materiales utilizados en su fabricación.

Textura: (Daniel Estalin Hidalgo Laguna, 2013)

Debido a los agregados que se emplean en la fabricación de adoquines, se obtiene acabados superficiales con diferente rugosidad, adaptándose a las necesidades específicas del usuario.

Color: (Cabezas Fierro, 2014)

El color en los adoquines debe permanecer inalterable con el tiempo y uso y se debe comprobar que el pigmento utilizado no altere las propiedades del concreto.

Dependiendo del fabricante, el color puede colocarse solo en la capa superficial en el caso de adoquines bicapa, o en todo el elemento para el caso de adoquines monocapa.

Vidrio:

El vidrio es un material de apariencia dura, frágil y generalmente transparente, aunque se comporta como un sólido, es un fluido de muy alta viscosidad. Está compuesto por una mezcla de óxidos metálicos, siendo su componente principal el óxido de sílice, conocido como silicio (SiO_4). Si bien a simple vista pareciera ser muy similar a un cristal, la diferencia con éste radica en el ordenamiento que tienen las moléculas que lo componen, donde los enlaces $\text{Si}-\text{O}$ están distribuidos de manera irregular, sin un patrón determinado, siendo por definición, un material amorfo (Catalan, 2013).

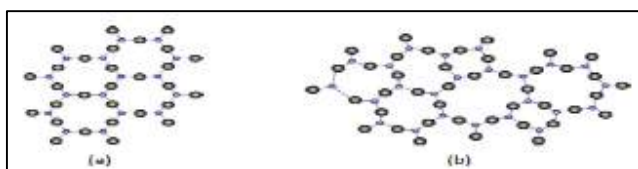


Figura N° 5: Representación bidimensional de una red cristalina de sílice (a) frente a la sílice amorfa (b)

Fuente: (Catalan, 2013).

Se componen de sílice en más de 60%, carbonato o sulfato de sodio/potasio: sirve para que la sílice funda a menor temperatura y piedra caliza que su función es estabilizar la mezcla y darle durabilidad (Córdova, 2018).

El vidrio se hace en un reactor de fusión, en donde se calienta una mezcla que casi siempre consiste en arena silícea y óxidos metálicos secos pulverizados o granulados. En el proceso de la fusión se forma un líquido viscoso y la masa de hace transparente y homogénea a temperaturas mayores de $1000\text{ }^\circ\text{C}$. Al extraerlo del reactor, el vidrio adquiere una rigidez que permite darle forma y manipularlo. Controlando una temperatura de enfriamiento se evita desvitrificación o cristalización (Córdova, 2018).

Composición

Como ya se mencionó, el componente principal del vidrio es la sílice, obtenida a partir de arena, pedernal o cuarzo.

Desde el punto de vista estructural el vidrio está constituido por (Catalan, 2013):

- Óxidos formadores de la red vítrea, vitrificantes, tales como SiO_2 , B_2O_3 o P_2O_5 para los tipos de productos vítreos más generales o tradicionales.
- Óxidos modificadores de la red vítrea, fundentes, que aportan enlaces por los denominados "oxígenos no-puente", tales como óxidos alcalinos: Na_2O , K_2O , u óxidos alcalinotérreos como CaO , MgO .
- óxidos estabilizantes que tienen un carácter intermedio o anfótero, aportando los denominados "oxígenos puente", tales como: Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

Propiedades Físicas del Vidrio

Dependiendo de la composición, algunos vidrios funden a temperaturas muy bajas, como 500°C , mientras que otros necesitan 1650°C , aunque por lo general, al presentar un elevado contenido de sílice, la temperatura final de fusión es más cercana a este último valor (Catalan, 2013).

En cuanto a resistencia mecánica, presenta normalmente una resistencia a la tracción entre 3.000 y 5.500N/cm^2 , aunque puede llegar a sobrepasar los 70.000N/cm^2 si el vidrio ha recibido un tratamiento especial. El vidrio es un mal conductor de calor y electricidad, por lo que resulta práctico para el aislamiento térmico y eléctrico (Catalan, 2013).

Color

El color natural de vidrio es un tono verdoso, al que se le agregan decolorantes para hacerlo traslúcido, y colorantes para conferirle distintas tonalidades. Los envases de vidrio de colores sirven para proteger el contenido de la luz, por lo que sus principales

usos se dan en la industria de alimentos (aunque últimamente su uso es limitado a contenidos líquidos, como licores, aceites, etc.), y farmacológica (Catalan, 2013).

Tipos de Vidrio

Vidrio sódico-cálcico.

Está formado por sílice, sodio y calcio principalmente. La sílice es parte de la materia prima básica, el sodio le da cierta facilidad de fusión y el calcio la provee de estabilidad química. Sin el calcio el vidrio sería soluble hasta en agua y prácticamente no serviría para nada. Este tipo de vidrio es el que se funde con mayor facilidad y el más barato. Por eso la mayor parte del vidrio incoloro y transparente tiene esta composición (Córdova, 2018).

Vidrio de plomo.

Este tipo de vidrio sustituye el óxido de calcio por óxido de plomo. Es igual de transparente que el vidrio sódico-cálcico, pero mucho más denso, con lo cual tiene mayor poder de refracción y de dispersión. Se puede trabajar mejor que aquél porque funde a temperaturas más bajas. Su coeficiente de dilatación calorífica es muy elevado, lo cual quiere decir que se expande mucho cuando se aumenta la temperatura y por lo tanto no tiene gran resistencia al choque térmico (Córdova, 2018).

Vidrio de borosilicato

Después de la sílice, su principal componente es el óxido de boro. Es prácticamente inerte, más difícil de fundir y de trabajar. Tiene alta resistencia a cambios bruscos de temperatura, pero no tan alta como la del vidrio de sílice puro (Córdova, 2018).

Vidrio de sílice

Formado con 96% de sílice es el más duro y el más difícil de trabajar, pues es necesario emplear una costosa técnica al vacío para obtener un producto para usos especiales, que transmite energía radiante del ultravioleta y del infrarrojo con la menor pérdida de energía (Córdova, 2018).

Tabla 11: Clasificación general de vidrios según su composición

CLASIFICACION		EJEMPLO DE SISTEMAS
inorgánicos	ELEMENTOS	no metálicos S, Se, Te
	oxido	Metálicos Au-Si, Pt-Pd, Cu-Au
	halogenuros	SiO ₂ -Na ₂ O, B ₂ O ₃ -CaO, TeO ₂ -PbO
	halogenuros	ZrF ₄ -BaF ₂
	oxihalegenuroa	Al ₂ O ₃ -SiO ₂ , AlN-Y ₂ O ₃ -Si ₂ O ₂
	oxinitruros	Si ₃ N ₄ -Al ₂ O ₃ -SiO ₂ , AlN-Y ₂ O ₃ -Si ₂ O ₂
	oxicarburos	MgO-AlPO ₃ -SiO ₃ , SiC
	Oxisales	HKSO ₄ -Na ₂ SO ₃ , 5H ₂ O, Ca(NO ₃) ₂
	orgánico mixto	algunas siliconas, ormosiles híbridos
Orgánicos	Glicoles, azucares, polímero (polietileno, poli metacrilatos, poliamidas, etc.)	

Fuente: (Cabrera, 2014).

Fabricación (Cabrera, 2014):

Es generalmente elaborado con sílice (SiO₂) en forma de arena como vitrificante; sodio en forma de carbonato de sodio (Na₂CO₃) o sulfato de sodio (Na₂SO₄) como fundente; carbonato de calcio o cal (CaCO₃) en forma de caliza como estabilizante. Los componentes y la relación en la que intervienen en su fabricación se suele representar en forma de porcentajes en peso de los óxidos más estables a temperatura ambiente.

Tabla 12: Límites generales de los componentes principales de los vidrios silíceos

COMPONENTE	DESDE (%)	HASTA (%)
SiO	68	74.5
Al ₂ O ₂	0	4
Fe ₂ O ₃	0	0.45
CaO	9	14
MgO	0	4
Na ₂ o	10	16
K ₂ O	0	4
SO ₃	0	0.03

Fuente: (Cabrera, 2014).

Los vidrios pueden tener propiedades ópticas, mecánicas y térmicas, muy diversas según su composición química y tratamientos térmicos. En general, el vidrio se caracteriza por ser un material duro, frágil, transparente y resistente a la corrosión, al desgaste y a la compresión. Las propiedades medias para los vidrios silícicos cálcicos de uso cotidiano.

Tabla 13: *Propiedades del vidrio*

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Punto de ablandamiento	730	°C
densidad a 25°C	2.49	G/CM3
Dureza	6.5	MOHS
módulo de elasticidad a 25°C	719	Kbar
módulo de poisson a 25 °c	0.22	-----
modulo de young	720000	kg/cm2
resistencia a la tracion0 25°C (aprox)	90	bar

Fuente: (Cabrera, 2014).

Reciclaje y Reutilización de Vidrio

La reutilización, frente al reciclaje, desde un punto de vista ambiental, tiene más ventajas, debido al ahorro de energía que supone utilizar más veces un mismo envase para luego reciclarlo, que darle un solo uso. Los envases de vidrio se pueden reutilizar, siguiendo un circuito distinto al de los envases de un solo uso. Hay dos tipos de envases de vidrios: los retornables y los no retornables, ambos complementarios. Los dos pueden ser reciclados indefinidamente para conseguir nuevos envases con las mismas características al original (catalán, 2013).

Un envase retornable se devuelve al envasador, el cual lo higieniza y lo rellena de nuevo. Este ciclo puede repetirse hasta 20 ó 30 veces, en función del contenido y de la resistencia del vidrio. En el proceso de fabricación del vidrio se utiliza más cantidad de material del necesario, para dotarles de mayor resistencia y poder hacer más rotaciones, antes de que finalice su ciclo de vida y puedan ser reciclados (catalán, 2013).

Si el envase no es retornable no puede seguir este proceso; no obstante, puede ser reciclado, volviendo al fabricante que lo utilizará como materia prima para elaborar uno nuevo. El vidrio es un material totalmente reciclable y no hay límite en la cantidad de veces que puede ser reprocesado. Al reciclarlo no se pierden las propiedades del material y se ahorra una cantidad de energía de alrededor del 30% con respecto al proceso de fabricación de vidrio nuevo (catalán, 2013).

Ventajas del reciclado del vidrio

Son las siguientes (catalan, 2013):

- La fusión de los materiales se consigue a temperaturas más bajas, lo que se traduce en un ahorro de energía con respecto a la fabricación de vidrio nuevo.
- Se ahorran alrededor de 1200kg de materias primas por cada tonelada de vidrio usado.
- Ahorro de energía al no tener que extraer materias primas.
- Reducción de la erosión producida al extraer las materias primas necesarias para su fabricación.
- Disminuye el número de residuos urbanos que van a vertedero y por tanto
- costos asociados de recolección, disposición y tratamiento.

La utilización del vidrio en la preparación de concretos

Se considera posible la incorporación del vidrio en la industria cementera debido a que el vidrio posee grandes proporciones de sílice y de calcio convirtiéndolo en teoría en un compuesto puzolánico o incluso del cemento, así como también comparte características con las arenas que se utilizan como agregado fino. Además, el concreto provee una solución de largo plazo a la disposición del vidrio (Catalan, 2013).

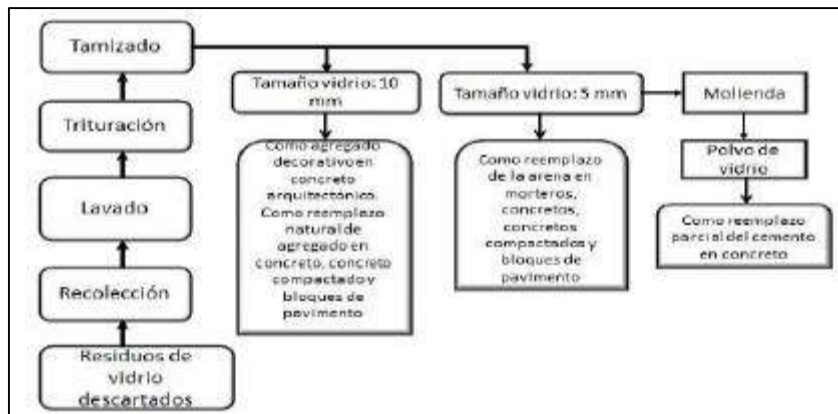


Figura N° 6: Usos del vidrio desechado de acuerdo al tamaño

Fuente: (Catalan, 2013).

Dentro de los beneficios que se pueden obtener al utilizar vidrio desechado en el cemento y en el concreto, citan los siguientes (Vargas, 2015):

- Elimina o disminuye los costos de disposición, los cuales en algunos lugares van en aumento debido a los controles y costos impuestos por los rellenos sanitarios.
- La vida útil de los rellenos sanitarios no se ve disminuida por las enormes cantidades de vidrio.
- Ayuda a preservar recursos naturales, como las arenas de río, que no estarían siendo usados en la industria constructora y cementera.
- Si se utilizara como sustituto parcial del cemento se ayuda a ahorrar energía utilizada en el proceso de realización de este producto, así como se reduciría las emanaciones de contaminantes atmosféricos generados en este proceso.
- Potencial para aumentar la conciencia ambiental en cuanto a los beneficios del reciclaje y reúso de residuos valorizables.

Seguridad Laboral al Manejar el Vidrio

Las personas que trabajen y manipulen el vidrio se ven expuestas a peligros potenciales que pueden generar algún tipo de daño o lesión. En especial en el caso de trabajar con vidrios de desecho pues éstos son depositados en los contenedores donde se quiebran en pedazos grandes y pequeños, con puntas filosas, pedazos muy finos, etc. Son muchas las formas en que se encuentran los vidrios que son desechados (Vargas, 2015)



Figura N° 7: Usos del vidrio desechado de acuerdo al tamaño

Fuente: (Vargas, 2015)

Cáscara de Huevo

La cáscara es la cubierta exterior del huevo que mantiene su integridad física y actúa como barrera bacteriológica. Está constituida, por una matriz cálcica con un entramado orgánico, en el que el calcio es el elemento más abundante y de mayor importancia. También se encuentran en su composición otros minerales como sodio, magnesio, Zinc, manganeso, hierro, cobre, aluminio y boro, en menores concentraciones, el cascarón está compuesto en un 94% de carbonato de calcio (en forma de cristales de calcita), además de otros compuestos en menor cantidad como carbonato de magnesio, fosfato de calcio, sodio potásico y otros componentes orgánicos (Sánchez & Huanio, 2017).

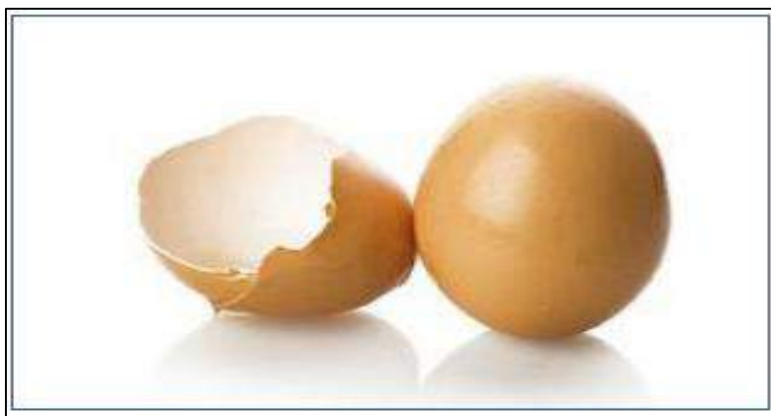


Figura N° 8: Cascara de huevo

Fuente: (Sánchez & Huanio, 2017).

Estructura del Huevo

Son los siguientes (Sánchez & Huanio, 2017):

Cáscara

Contiene carbonato de calcio. Su color (blanco o moreno) depende del plumaje de la gallina ponedora. Los huevos de mayor tamaño tienen cáscaras más frágiles. La cáscara posee internamente 2 membranas exterior e interior, que a su vez rodean la clara del huevo. Estas membranas sirven de barreras protectoras contra la penetración de bacterias. Entre estas membranas se forman celdas o cámaras de aire. Las pequeñas celdas de aire que se suelen encontrar en las membranas de la cáscara, y en la parte más ancha del huevo, son causadas por la contracción del contenido cuando baja la temperatura del huevo después de que lo pone la gallina. Por lo tanto esas cámaras de aire aumentan de tamaño con el tiempo, por lo que se considera que cuando los huevos pierden frescura la cámara de aire va aumentando.

Chalaza

Son dos ligamentos que mantienen la yema de huevo en medio de la clara. Si son prominentes y espesos indican que el huevo es fresco y de alta calidad.

Clara (o albúmina):

Es espesa y transparente, soluble y coagulable.

Yema:

Su color depende de la alimentación de la gallina. Contiene proteínas, vitaminas y agua. Su estructura está basada en un sistema de aros concéntricos, aunque cuando se cocinan se fusionan en uno solo. Está envuelta por una membrana incolora llamada membrana vitelina.

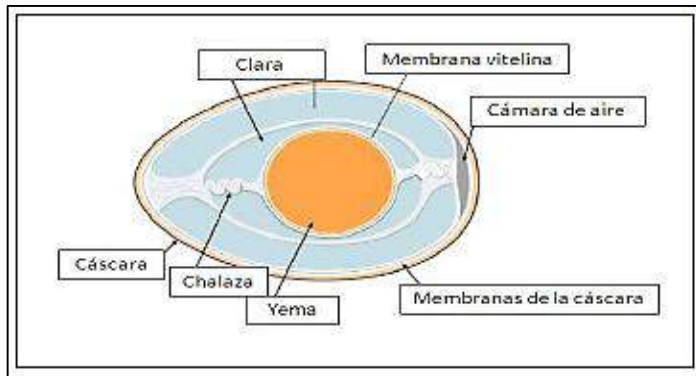


Figura N° 9: Partes del huevo

Fuente: (Sánchez & Huanio, 2017).

Determinación de la calidad de la cáscara de huevo.

La calidad de la cáscara se juzga con base en la textura, color, forma, solidez y limpieza. Debe ser liso, limpio, libre de grietas, de color, forma y tamaño uniformes. El primer paso en el proceso de control de calidad es la segregación de los huevos que presenten defectos evidentes para luego realizar pruebas más específicas. Debido a que existe una fuerte correlación entre el grosor del cascarón y su ruptura, se han desarrollado varios métodos para su cálculo, entre ellos los métodos directos, como la medición del cascarón mediante la utilización de un micrómetro. El cascarón del huevo debe poseer alrededor de 0.3 mm de espesor, y con la cutícula y membranas se incrementa a valores cercanos a 0.4mm. Además, se ha observado que los huevos sin cutícula o con daños en ésta, no son tan resistentes a la pérdida de agua o ingreso de microorganismos (Sánchez & Huanio, 2017).

Función

La superficie de la cáscara se encuentra recubierta por una cutícula orgánica formada principalmente por proteínas (90%) y pequeñas cantidades de lípidos y carbohidratos. La principal función de esta película de mucina consiste en cerrar los poros, formando una barrera física contra la penetración de microorganismos. También evita la pérdida de agua y da un aspecto brillante al huevo (Sánchez & Huanio, 2017).

La cáscara constituye la cubierta protectora del huevo, que la defiende de la acción de los agentes externos y el medio a través del cual pueden realizarse intercambios

gaseosos y líquidos con el ambiente que le rodea, siendo una estructura mineralizada altamente especializada, permeable, posee un alto contenido de agua, funciona como lubricante en la postura, su forma es hereditaria y es la primera barrera de defensa del huevo (Sánchez & Huanio, 2017).

Características químicas de la cáscara de huevo

La cáscara de huevo de gallina está compuesta de: agua 1,6%, minerales 95,1 %, de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio en forma de calcita. Al respecto se toma como referencia la composición de la cascara de gallina (Sánchez & Huanio, 2017).

Tabla 14: *Análisis químico de cáscara de huevo*

Ensayos	Análisis	Unidad de medida mg/l
pH	12.1	PPM
Arsénico	<3.0	PPM
Antimonio	<0.10	PPM
Metales pesados	<20	PPM
Mercurio	0.025	PPM
Selenio	0.0055	PPM
Plata	8.29	PPM
Sulfuro	0.034	%
Aluminio	<20	PPM
Bario	30.9	PPM
Cadmio	<5	PPM
Calcio	655000	PPM
Cromo	<10	PPM
Cobalto	<5	PPM
Cobre	<2.5	PPM
Hierro	10	PPM
Magnesio	5440	PPM
Manganeso	<1.5	PPM
Níquel	<4	PPM
Fosforo	1470	PPM
Potasio	<500	PPM
Sodio	610	PPM
Vanadio	<5	PPM
Zinc	3.04	PPM

Fuente: (Sánchez & Huanio, 2017).

Valor agregado de la cáscara de huevo

El cascarón de huevo se ha empleado como harina para alimento de animales por su fuente de calcio. Es una excelente fuente de calcio y proteína, ya que contiene las membranas testáceas. Asimismo, presenta una alta calidad, comparable con la concha de ostra o la piedra caliza. Se ha empleado también el polvo de cascarón como aditivo para pasta de dientes debido a sus características abrasivas, que pueden brindar limpieza sin dañar el esmalte (Sánchez & Huanio, 2017).

Calcio

Entre los componentes que tiene la cáscara de huevo debe citarse el Calcio en forma de carbonato que, al ser extraído, reconcentrado, bioactivado e ionizado cumple múltiples funciones fisiológicas y metabólicas importantes en todos los organismos vivos. El calcio que se deposita sobre la cáscara se obtiene de la sangre, no existe un almacenamiento de calcio en la glándula de la cáscara antes de la calcificación (Sánchez & Huanio, 2017).

Concentración de Carbonato de Calcio en la Cascara de Huevo

La cáscara de huevo químicamente está compuesta de 1,6% de agua, 95,1 % de minerales, de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio CaCO_3 en forma de calcita, 0,8% de carbonato de magnesio MgCO_3 y 0,73% de fosfato tricálcico $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, y finalmente 3,3% de materia orgánica (Sánchez & Huanio, 2017).

Tabla 15: *Concentración de carbonato de calcio en la cáscara de huevo*

Composición	%
Agua	1.6%
Minerales	95.1%
Calcita	93.6%
Carbonato de manganecio	0.8%
Fosfato tricalcico	0.7%
Materia orgánica	3.3%

Fuente: (Sánchez & Huanio, 2017).

Conceptualización y Operacionalización De Variable

Variable Dependiente: Resistencia a la compresión de adoquines

Definición Conceptual: Es el Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.

Definición Operacional: La resistencia a la compresión de un adoquín se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una muestra en un ensayo de compresión.

Indicador: Kg/cm²

Variable Independiente: Sustitución del cemento por la combinación de cascara de huevo triturada y vidrio molido.

Definición operacional:

Vidrio molido: El vidrio es un material obtenido por la fusión de compuestos inorgánicos a altas temperaturas, y el enfriamiento de la masa resultante hasta un estado rígido, no cristalino.

El principal componente del vidrio es la sílice (SiO₂). La sílice, sola, sería un vidrio ideal para muchas aplicaciones, pero las altas temperaturas necesarias para su fusión y las dificultades para darle forma limitan su uso a algunas aplicaciones especiales.

Cascara de Huevo: Es una matriz de proteína alineada con cristales minerales, por regla general calcio en compuestos químicos como el carbonato cálcico, que se encuentra presente al 94%.

Indicador: porcentajes: 15 % y 30 % de la combinación de cascara de huevo triturada y vidrio molido en una proporción de 3:1.

En la presente investigación se planteó la siguiente hipótesis:

La sustitución del cemento en los porcentajes de:

11.25 % de cascara de huevo triturada combinado con 3.75 % de vidrio molido y el porcentaje de 22.5 % de cascara de huevo triturada combinado con 7.5 % de vidrio molido, cumplirán con la resistencia diseñada ($f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$) y se espera que en el mejor de los casos la resistencia a compresión aumente y sea superior a los adoquines de concreto patrón, Huaraz, 2018.

El objetivo general de la presente investigación es: Determinar la resistencia a compresión $f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$ de los adoquines de concreto sustituyendo el cemento en 15% y 30% por una combinación de cascara de huevo triturada y vidrio molido, en la ciudad de Huaraz, 2018.

Y cuanto a los objetivos específicos son:

Realizar los estudios de calidad de agregados mediante los ensayos del laboratorio de materiales.

Determinar la composición de óxidos de la cáscara de huevo triturada y el vidrio molido por el Método de Fluorescencia de Rayos X.

Determinar el PH del vidrio molido, de la cascara de huevo triturada y de ambos componentes mezclados con el cemento.

Determinar la Relación Agua-Cemento del adoquín (Muestra Patrón y Experimental).

Determinar y comparar mediante un análisis las resistencias a la compresión de los adoquines de concreto con cemento sustituido en 0%, 15% y 30% por una combinación de cascara de huevo y vidrio molido a los 7, 14 y 28 días de curado.

II. METODOLOGÍA

Tipo de Investigación

Ha sido una investigación aplicada, porque estuvo orientada a lograr un nuevo conocimiento para encontrar soluciones, para tal fin se pretendió conocer la resistencia de un adoquín de concreto de tipo peatonal con sustitución del cemento en 15% y 30%

por una combinación de cascará de huevo triturado y vidrio molido con proporción 3:1.

También fue una investigación descriptiva, porque se enfocó en descubrir nuevos significados describiendo lo que existe, determinando la frecuencia con la que algo ocurre, y categorizando información.

Del mismo modo, ha sido una investigación descriptiva, porque se enfoca en descubrir nuevos significados describiendo lo que existe, determinando la frecuencia con la que algo ocurre, y categorizando información.

Por último, fue una investigación experimental, porque se estudió un diseño convencional y un diseño elaborado.










Diseño de investigación

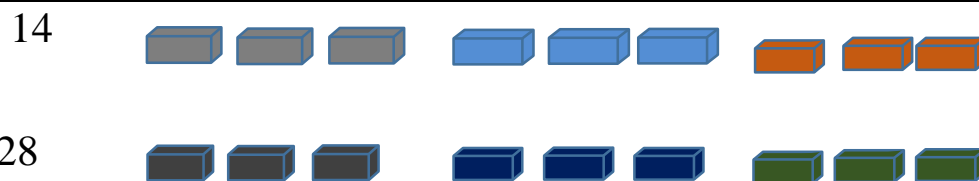
Ha sido un diseño experimental del tipo en bloque completo al azar, porque se analizó el diseño de concreto de un adoquín convencional comparado con el diseño elaborado de un adoquín con la sustitución del cemento en 15% y 30% (proporción 3:1) por una combinación de vidrio molido y cascará de huevo triturada. El estudio en su mayor parte se centró en los ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales.

Bloque completo al azar:

El diseño experimental de Bloque completo al azar, tiene la siguiente configuración:

Tabla 16: *diseño experimental de Bloque completo al azar*

EDADES DE ENSAYO (DÍAS)	"RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F ^c =320 KG/CM ² , SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 15% Y 30% POR UNA COMBINACION DE CASCARA DE HUEVO Y VIDRIO MOLIDO"								
	0%			15%			30%		
7									



Fuente: Elaboración Propia

La población ha sido un conjunto de adoquines de concreto (patrón y experimental), con diseño capaz de cumplir las condiciones de resistencias indicadas de acuerdo a las normas técnicas peruanas.

La muestra se ha considerado la misma cantidad que la población, es decir 27 adoquines con $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ de dimensiones $10 \times 20 \times 6 \text{ cm}^3$ (tipo peatonal) de los cuales 9 adoquines fueron patrón, 9 adoquines con sustitución del 15% de cemento y 9 adoquines con sustitución del 30% de cemento, fueron experimentales. La sustitución se hizo por una combinación de vidrio molido y cascara de huevo triturado.

Para la elaboración de las unidades de estudio (adoquines) se utilizaron las siguientes referencias:

- Cascara de huevo: triturada (pulverizada).
- Vidrio molido
- Agregados naturales de la cantera de “Tacllan”. El material se llevó en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de materiales de la Universidad.
- Cemento portland Tipo I de la marca “Sol”.
- Agua

Las técnicas e instrumentos de investigación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17: *Técnica de recolección de información*

TECNICA	INSTRUMENTO
Observación	<ul style="list-style-type: none">- Guía de observación Resumen. - Fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales.

Fuente: Elaboración Propia

Se utilizó como instrumento una guía de observación resumen, que permitió elaborar un sistema de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos, como también las fichas técnicas del laboratorio para las pruebas a realizar.

Los datos recolectados, mediante el método de la experimentación, se procesaron mediante el programa Excel y sus hojas de cálculo.

Para el análisis se aplicó los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales en la presentación, descripción, análisis e interpretación de datos obtenidos en la observación por cada indicador ensayado. Los datos fueron analizados mediante tablas, gráficos, media, varianza, porcentajes y con una prueba de hipótesis ANOVA.

Procedimientos para la recolección y análisis de datos

En gabinete se realizó los ensayos y el diseño de mezclas para resistencias de 320 kg/cm², se procedió a la selección y dosificación de los materiales para posteriormente elaborar los adoquines de concreto los cuales fueron sometidos a ensayos, recopilándose la información en formatos estándares del laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad San Pedro. Los adoquines de concreto fueron elaborados respetando los requerimientos exigidos en las NTP y ASTM.

Selección de cantera:

Se define como un lugar geográfico donde se extraen o explotan agregados pétreos para la industria de la construcción o para toda obra civil, teniendo como conveniente diferentes tipos de extracción dependiendo del tipo y origen de los materiales, los agregados utilizados para la elaboración de esta investigación fueron de la cantera Tacllan de la ciudad de Huaraz – Ancash, pues los materiales provenientes de esta cantera son considerados uno de los mejores, por tanto, sus propiedades físicas como mecánicas fueron sobresaliente en la elaboración de los adoquines de concreto de la presente investigación.

Contenido de humedad (NTP 400.016).

Se determina el peso de agua eliminada, secando el material húmedo hasta un material constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C. El peso del material que permanece del secado del horno es usado como peso de las partículas sólidas. La pérdida del peso debido al secado es considerada como el peso del agua.

$$\text{Contenido de humedad de agregado grueso} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

$$\text{Contenido de humedad de agregado fino} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

Materiales:

- Agregados
- Balanza
- Cucharas
- Tazones o bandeja

Procedimiento:

Determinar y registrar el agregado en Una bandeja limpio y seco.

Determinar el peso de la bandeja usando una balanza.

Seleccionar el espécimen del ensayo.

Colocar el espécimen de ensayo húmedo en la bandeja.

Determinar el peso del material húmedo.

Colocar la bandeja con el agregado húmedo al horno. Secar el material en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. Durante 24 horas hasta alcanzar una masa constante.

Desde que se haya obtenido un secado constante se retire la bandeja del horno, donde la bandeja puede ser manipulada cómodamente con las manos.

Determinar el peso seco del material.

Granulometría (MTC E 204 – 2000, ASTM C 136 Y NTP 400.012)

El análisis granulométrico tiene por objetivo, determinar las cantidades en las que están presente las partículas de distintos tamaños de los agregados las muestras de los agregados tanto finos como gruesos (Confitillos), se hacen pasar por una serie de tamiz determinando la cantidad de partículas que se retienen en cada tamiz.

Los resultados del ensayo análisis granulométrico se reportan llenando la tabla granulométrica del agregado en estudio el cual tendrá que cumplir con la norma técnica NTP 400.012, ASTM C136-5 de agregados las cuales nos indican porcentajes de partículas aceptables para los diferentes tamaños retenidos en los tamices normalizados. Por lo que se reportaran los gráficos de la curva granulométrica del material estudiado junto a los límites que especifica la norma ASTM C 33.

Materiales:

- Balanza
- Tamices serie gruesa: 1 1/2" – 1" – 3/4" – 1/2" – 3/8"- N°4.
- Tamices serie fina: N°4 - N°8 - N°16 - N°30 - N°50 - N°100 - N° 200.
- Recipientes.
- Agua limpia.
- Muestra de agregado grueso (Confitillos).
- Muestra de agregado fino.
- Pala.
- Horno eléctrico.

Procedimiento:

Agregado Grueso (Confitillo).

Tomamos la muestra de agregado grueso de 3/8 ‘’ aproximadamente 15 kg.

Se procede a cuartear (entreverar todo el agregado y repartir en cuatro partes iguales) la muestra.

Pesamos el espécimen del laboratorio

Se procede a ordenar y a limpiar las mallas de forma descendiente desde la malla 3/8’’ hasta la malla N° 200 según la NTP 400.012, para luego introducir nuestro espécimen de ensayo.

Se comienza a agitar los tamices durante 5 minutos para que así queden solo los materiales retenidos.

Una vez que se haya concluido el tamizado se procede a pesar los pesos retenidos en cada malla y el fondo.

Agregado Fino

Tomamos la muestra de agregado fino, aproximadamente 10kg.

Se procede a cuartear (entreverar toda la arena y repartir en cuatro partes iguales) la muestra.

Lavamos la arena hasta quedar bien limpio.

Colocamos al horno por 24 horas a una temperatura constante de 110 ± 5 °C.

Sacar la muestra del horno.

Pesamos nuestros especímenes de laboratorio

Se comienza a agitar los tamices durante 5 minutos para que así queden solo los materiales retenidos.

Se dejó de agitar los tamices y se puso a reposar como mínimo tres minutos.

Se destapo desde el tamiz N° 4 para observar cuanto tubo cada tamiz.

Se pesó cada tamiz para que al final se pueda obtener el valor que al principio se utilizó.

Módulo de Fineza

Agregado fino:

$$MF = \frac{\sum\% \text{ Acumulados Retenidos (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

Agregado grueso (Confitillo)

$$MF = \frac{\sum\% \text{ Acumulados Retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

Peso Unitario (ASTM C29 / NTP 400.017)

Este ensayo nos permite conocer el peso unitario del agregado en su condición compactada o suelta y calcular los huecos entre las partículas en una masa de agregados.

Método de Ensayo:

Equipos:

- Balanza, con precisión de 0.1%.
- Varilla compactadora de acero, circular, recta, con extremo redondeado.
- Regla metálica
- Recipiente cilíndrico y de metal para agregado grueso.
- Recipiente cilíndrico y de metal para agregado fino

Preparación de la muestra:

La muestra deberá estar completamente mezclada y seca a temperatura del ambiente.

Procedimiento:

El peso unitario suelto o compactado para el agregado grueso y agregado fino, el procedimiento obtenido es el mismo, en donde:

Peso Unitario Suelto: (P.U.S.)

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material Suelto}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Peso Unitario Suelto:

Se elige un molde de dimensiones adecuadas tanto para el agregado fino como para el agregado grueso (Confitillo), de acuerdo al TMN del agregado.

Se determina su peso y sus dimensiones de tal manera que se pueda conocer su volumen de dichos moldes.

El recipiente se llenó con una pala o cuchara, que descarga el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") hasta que rebose el recipiente.

El agregado sobrante se niveló con una regla hasta quedar al ras.

Se pesó el recipiente de medida más el contenido y el peso del recipiente, y se registró los pesos respectivos.

Después de haber realizado nuestros ensayos por tres veces consecutivas tanto para el agregado grueso (confitillo) y el agregado fino, promediando los tres valores obtenidos de dichos agregados se obtuvo un P.U.S para el agregado grueso y para el agregado fino.

Peso Unitario Compactado: (P.U.C)

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Se llenaron los moldes correspondientes, con el agregado fino y agregado grueso en 3 capas cada una de ellas.

Se colocó el material en tres capas de igual volumen, de tal manera que colmen el molde; cada capa recibió un total de 25 golpes con el apisonador sin que este choque a la base del molde y al apisonar las capas superiores, se tuvo que aplicar la fuerza necesaria para que la varilla atravesase solamente la respectiva capa.

Finalmente se enrasa el molde lleno de agregados con la regla metálica y se pesa el molde más agregado, para luego determinar el peso del recipiente lleno y peso del recipiente solo.

Después de haber realizado nuestros ensayos por tres veces consecutivas tanto para el agregado grueso (confitillo) y el agregado fino, promediando los tres valores obtenidos de dichos agregados se obtuvo un P.U.C para el agregado grueso y para el agregado fino.

Peso Específico y absorción de agregados finos (MTC E 205 – 2000 Y NTP 400.022)

Materiales

- Balanza
- Picnómetro
- Molde cónico
- Varilla para apisonar
- Recipientes para la muestra
- Tamiz N° 4

Procedimiento:

Se procede a cuartear (entreverar todo el agregado y repartir en cuatro partes iguales) la muestra.

Se pasa el espécimen por el tamiz N°4.

Se selecciona una cantidad aproximadamente 1kg que se dejó secando en el horno durante 24 horas a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Dejar que el material sacado del horno se enfríe durante 1 – 3 horas.

Se deja sumergido en agua durante 24 horas.

Pasadas las 24 horas se procede a decantar el agua cuidadosamente evitando la pérdida de arena fina.

Se pasa a una bandeja metálica.

Procede con un secado a la superficie del ambiente del laboratorio.

Se echa la muestra al interior del molde cónico hasta una tercera parte, luego se procede a dar 25 golpes con la varilla, luego se hace el mismo procedimiento hasta llenar el molde dando 25 golpes.

Se levanta el cono en forma vertical. Si la muestra no se desmorona seguimos con el proceso de secado.

Y al ver que la muestra ya está seca se procede a hacer los mismos pasos hasta la parte de los bordes se desmorone dejando la parte central a un pie.

Pesar 300 gr de la muestra superficialmente seco (SSS) e introducir la muestra en el picnómetro.

Luego de poner la muestra en el picnómetro lo llenamos 2/3 de agua que nos permita agitar el picnómetro sin derramar ni una gota de agua.

Agitamos el picnómetro por un periodo de 15 a 20 minutos, con el fin de eliminar las burbujas.

Colocamos el picnómetro con la muestra, sobre una superficie plana y remover con una cucharilla para eliminar los vacíos (aire), sacarlo luego de verificar que no exista aire dentro de la muestra cuando lo agitamos.

Llenamos en su totalidad el picnómetro con agua a temperatura de 21 – 25°C y 77 luego lo cubrimos con tapa de vidrio sin ninguna burbuja.

Peso específico y absorción de agregados grueso (MTC E 206 – 2000, ASTM C127, NTP 400.021).

Materiales:

- Balanza
- Franela
- Recipientes para la muestra
- Canastilla
- Probeta

Procedimiento:

Se procede a cuartear (entreverar todo el agregado y repartir en cuatro partes iguales) la muestra.

Se selecciona el agregado y se dejó secando en el horno durante 24 horas a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Se dejó que el material enfriase durante 30 minutos.

Se deja sumergido en agua durante 24 horas.

Pasadas las 24 horas se procede a decantar el agua y se seca las partículas con franela o trapo hasta eliminar el agua superficial.

Se pesa para obtener el peso superficialmente seco.

Se tara la balanza mecánica para luego introducir el material.

Se coloca la muestra al interior de la canastilla metálica para determinar el peso sumergido.

Se realizaron 3 ensayos para evitar desperfectos de la balanza.

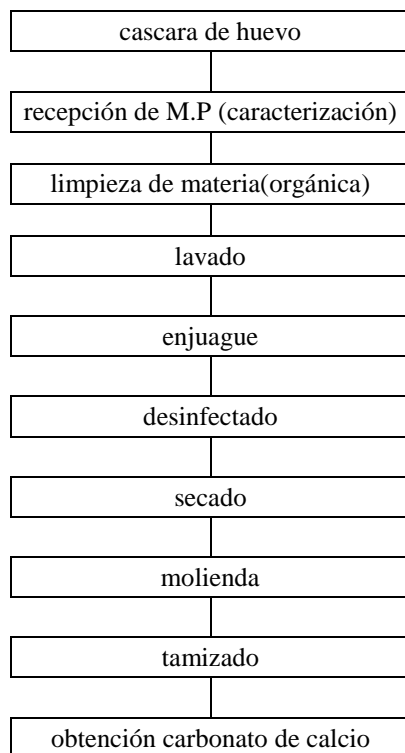
Colocar el material ya pesado en un recipiente y llevarlo al horno por 24 horas a temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Obtenemos el peso de la muestra seca del horno.

Técnica de procesamiento de los componentes que sustituyen al cemento:

Caracterización de la Cascara de Huevo

El procesamiento de la cascara de huevo mantiene la siguiente configuración:

Tabla 18: *Proceso tecnológico de la cascara de huevo*



Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo en cuenta la configuración mostrada para el procesamiento de la cascara de huevo, se va a detallar a continuación cada uno de los pasos.

Recepción

La materia prima fue recolectada de diversos lugares como restaurants, jugarías, pastelerías y del consumo doméstico de las viviendas.

Extracción de la materia orgánica.

Se extrajo la materia orgánica (cutículas) con mucho cuidado para que la cascara del huevo no pierda las proteínas y se pueda obtener un alto contenido de carbonato de calcio.

Lavado

El lavado de la cascara de huevo se realiza por inmersión con abundante agua, para eliminar la suciedad y contaminantes físicos con los que fueron mezclados durante su obtención.

Desinfección.

Se desinfecta la cascara de huevo con el HClO (ácido oxoclorido), se agregó 6 ml. En 6 litros de agua por un tiempo de 2 minutos para liberarla de microorganismos y eliminar residuos orgánicos.

Secado.

Este procedimiento consiste en poner la cascara de huevo a la temperatura ambiente para su secado continuo.

Molienda.

Este proceso se realiza utilizando un mortero con su apisonador de madera con la cual trituramos la cascara de huevo obteniendo el carbonato de calcio (CaCO_3).

Tamizado.

Consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de cascara de huevo por el tamiz N° 200, las de menor tamaño que pasa por el tamiz serán usadas para la sustitución del cemento y las de mayor tamaño serán desechadas.

Caracterización del Vidrio

Recolección del Vidrio.

El vidrio utilizado en esta experiencia proviene de la recolección de las botellas en su totalidad, sin hacer distinciones de color, procedencia, forma ni contenidos, esto se hace con la finalidad de tener una muestra para la elaboración de adoquines de concreto.

Limpieza del Vidrio

Las botellas recolectadas son sometidas al lavado con agua caliente y detergente común, con la finalidad de remover cualquier residuo acumulado, producto de su uso anterior, además se debe remover las etiquetas correspondientes en los envases.

Secado

Luego de limpiar y enjuagar las botellas se deben secar en su totalidad para evitar problemas en su proceso de trituración, sobre todo con el material fino producido en la molienda.

Trituración

Una vez que las botellas se encuentran libres de toda suciedad y secas, se rompen utilizando un martillo reduciendo a pequeños fragmentos pulverizados y se van colocando dentro de un contenedor de dimensiones adecuadas para ello.

Tamizado

Por último, se tamiza el vidrio pulverizado haciéndolo pasar por la malla N° 200 hasta obtener la cantidad deseada del material.

Material resultante

El resultado de la molienda y el tamizado es un material con una textura similar al cemento el cual será utilizado en la fabricación del concreto.

Seguridad del proceso

Para la correcta elaboración de los pasos mencionados se tuvo en cuenta la seguridad, debido a la naturaleza punzocortante del vidrio, utilizando implementos de seguridad como mascarilla, gafas, guantes, etc.

Elaboración de Especímenes

Mesa Vibradora

Para la fabricación de los adoquines esta se realiza con el apoyo de una mesa vibradora de 0.6 m. x 0.8 m. con un motor de 1/2 HP y 1740 r.p.m, motor monofásico de 220V y 60 hertz, al cual se le acoplo un brazo acoplado que nos permite acomodar y compactar la mezcla del Adoquín de Concreto, con una carga promedio de 200 kg.

Mezclado mecánico

Para mezclar el material utilizando mezcladora (tipo trompo o de tolva) se debe iniciar mezclando previamente en seco el cemento y los agregados en el tambor, hasta obtener una mezcla de color uniforme; luego se agrega agua y se continua la mezcla húmeda durante 3 a 6 minutos. Si los agregados son muy absorbentes, incorporar a los agregados la mitad o los 2/3 partes de agua necesaria para la mezcla de los agregados y el resto del agua, continuando la operación de 2 a 3 minutos.

Consistencia

El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil, pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto, hasta un tercio del volumen. Se apisona una varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.

La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical. El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.

Molde Metálico

Se elaboró un molde metálico permite fabricar los adoquines de 20x10x6 cm. (largo, ancho, altura), el molde metálico está compuesto por dos divisiones que permiten tener un avance más rápido en la fabricación de los adoquines, además presentan en sus lados unas aristas verticales de 3 mm las cuales trabajan como juntas espaciadoras en la colocación del adoquín, la caja del molde tiene en la base, dimensiones ligeramente mayores que en la parte superior la cual facilita el desmoldaje.

Moldeado

Obtenida la mezcla se procede a vaciarla dentro del molde metálico de 20x10x6 cm. (largo, ancho, altura) colocado sobre la mesa vibradora; el método de llenado se debe

realizar en dos capas; para tener una mejor compactación, con la ayuda de un badilejo se puede acomodar la mezcla. El vibrado se mantiene hasta que aparezca una película de agua en la superficie entre 3 a 4 min en nuestra meza, luego se retira el molde de la mesa y se lleva al área de desmolde y fraguado, con la ayuda de un mazo de madera se golpea los lados del molde y se desmolda el bloque en forma vertical.

Fraguado

Una vez fabricados los adoquines, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse. El periodo de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, pero se recomienda dejar los bloques de un día para otro. Si los bloques se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reducirá la resistencia final de los bloques y provocará fisuramiento del concreto.

Curado

Los curados de los adoquines se sumergen en un cilindro que consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada.

Ensayo a Compresión de las Muestras

Ensayos de resistencia a compresión de especímenes de adoquines de concreto.

Los ensayos de adoquines de concreto 320 kg/cm² se realizaron a edades de 7, 14 y 28 días por la que se romperá con una máquina de compresión instalada en el laboratorio de la Universidad Privada San Pedro.

Equipos y Materiales

- Máquina de ensayos
- Muestras de adoquines rectangulares

Procedimiento

La rotura de los adoquines se hace después de 4 horas como mínimo de que estas sean removidas del lugar del curado.

Los adoquines deben de secarse en un ambiente de laboratorio.

Los especímenes deben de romperse a las edades indicadas.

En el laboratorio, los adoquines se colocan en la parte inferior de la plataforma de la máquina de ensayos apoyados en la parte inferior y superior con triplay y/o tablas

Para las máquinas de ensayo del tipo tornillo, la cabeza móvil debe desplazarse a una velocidad de 1.3 mm/min (0.05 pulg/min) cuando la máquina está operando sin transmitir carga. Para las máquinas hidráulicamente operadas la carga debe aplicarse a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de 0.14 a 0.34 MPa/s (20 a 50 lb/ Pulg²-seg.). La velocidad escogida se debe mantener al menos durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista.

Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor.

Aplíquese la carga hasta que la muestra falle y regístrese la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo. Anótense el tipo de falla y la apariencia del concreto.

III. RESULTADOS

Resultados de Calidad de los Agregados

Peso unitario

Tabla 19: Resultado del Peso Unitario del Peso Unitario del Agregado Grueso (Confitillo)

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)						
TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	27.365	27.370	27.380	28.835	28.840	28.850
PESO DEL MOLDE	7.471	7.471	7.471	7.471	7.471	7.471
PESO DEL MATERIAL	19.894	19.899	19.909	21.364	21.369	21.379
VOLUMEN DEL MOLDE	13.724	13.724	13.724	13.724	13.724	13.724
PESO UNITARIO	1.450	1.450	1.451	1.557	1.557	1.558
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.450			1.557		

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Tabla 20: Resultado del Peso Unitario del Peso Unitario del Agregado Fino

AGREGADO FINO (ARENA)						
TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	7.020	7.030	7.025	7.590	7.575	7.565
PESO DEL MOLDE	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420	3.420
PESO DEL MATERIAL	3.600	3.610	3.605	4.170	4.155	4.145
VOLUMEN DEL MOLDE	2.776	2.776	2.776	2.776	2.776	2.776
PESO UNITARIO	1.297	1.300	1.299	1.502	1.497	1.493
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.299			1.497		

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Contenido de humedad

Tabla 21: Resultado del Contenido de Humedad del confitillo

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)		
N°	DESCRIPCION	
	RECIPIENTE	3
1	Peso recipiente + Suelo húmedo	1380.00
2	Peso recipiente + Suelo seco	1377.00
3	Peso del Agua (1) - (2)	3.00
4	Peso Recipiente (gr)	169.00
5	Peso suelo Seco (2) - (4)	1208.00
6	Humedad (3/5) x 100 (%)	0.25
HUMEDAD PROMEDIO		0.25

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Tabla 22: Resultado del Contenido de Humedad del Agregado Fino

AGREGADO FINO (ARENA)		
N°	DESCRIPCION	
	Recipiente	39
1	Peso recipiente + Suelo húmedo	951.00
2	Peso recipiente + Suelo seco	907.00
3	Peso del Agua (1) - (2)	44.00
4	Peso Recipiente (gr)	170.00
5	Peso suelo Seco (2) - (4)	737.00
6	Humedad (3/5) x 100 (%)	5.97
HUMEDAD PROMEDIO		5.97

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Análisis granulométrico

Tabla 23: resultados del Análisis Granulométrico del Agregado Grueso (Confitillo)

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)				
PESO INICIAL :		1425		gr
Malla (pul)	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
1 1/2"				
1"	-			
3/4"				
1/2"				
3/8"				100.00
Nº 4	1378	96.70	96.70	3.30
Nº 8	47	3.30	100.00	0.00

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Módulo De Fineza

Agregado grueso (confitillo) MF= 5.967

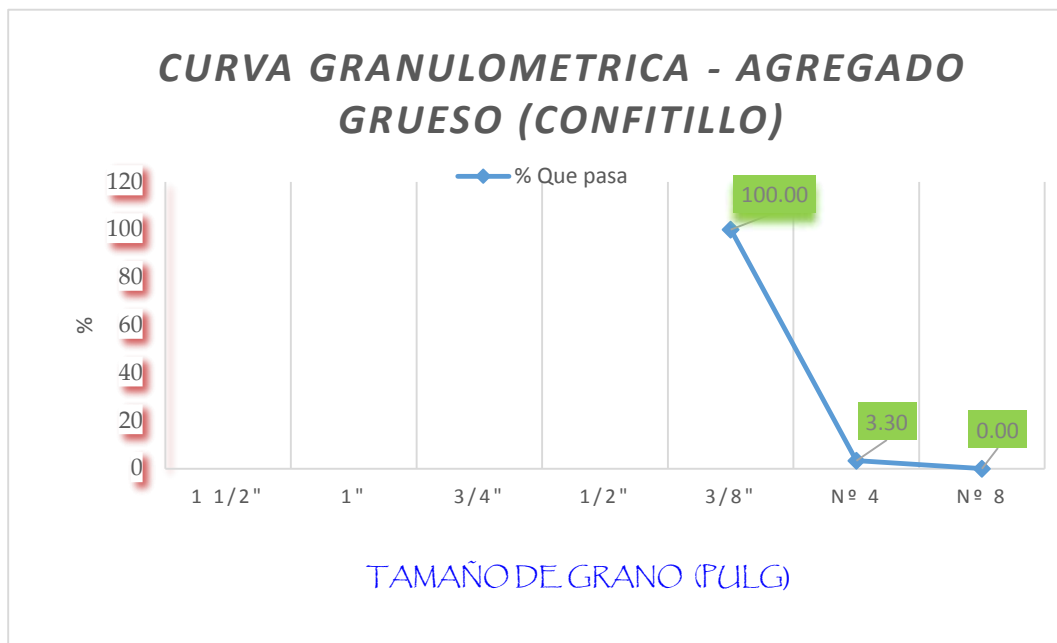


Figura N° 10: Curva Granulométrico del Confitillo

Fuente: Laboratorio de MS y EM

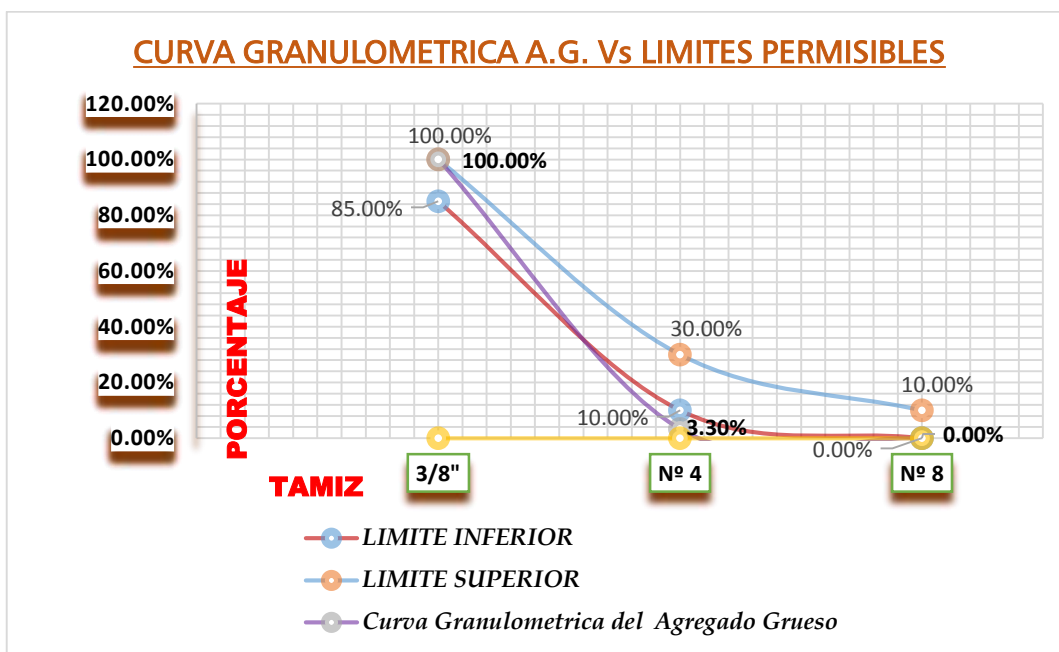


Figura N° 11: Curva Granulométrica Según los Límites Permisibles según el A.G

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Tabla 24: Resultado del análisis granulométrico Análisis Granulométrico del Agregado Fino

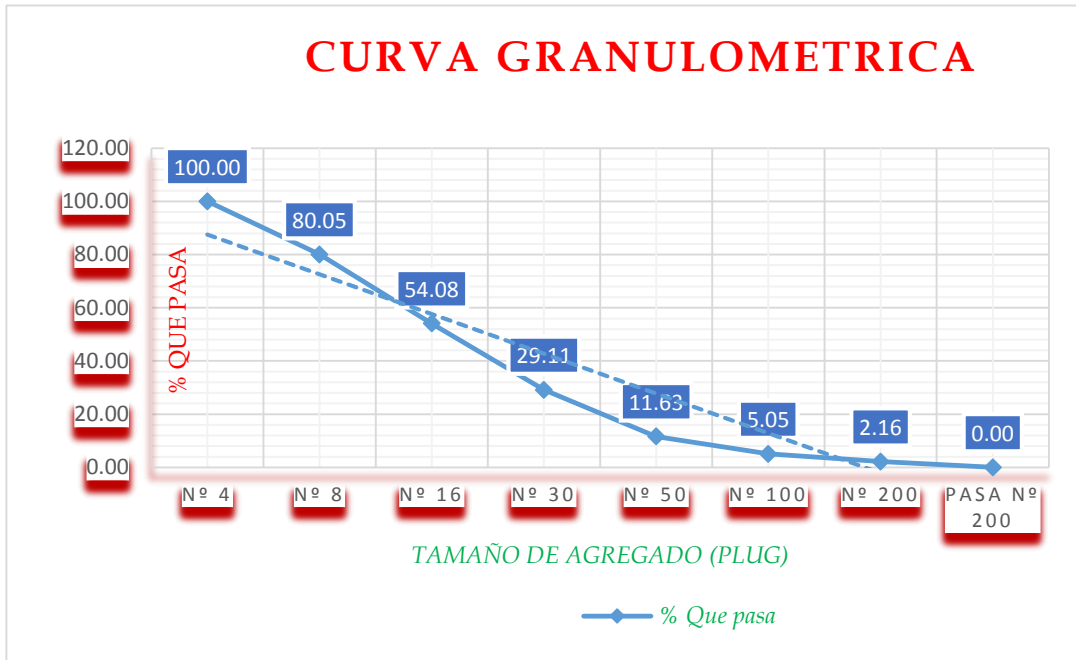
AGREGADO FINO (ARENA)				
PESO INICIAL :		1802 gr		
Malla	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
Nº 4	-	-	-	100.00
Nº 8	359.5	19.95	19.95	80.05
Nº 16	468	25.97	45.92	54.08
Nº 30	450	24.97	70.89	29.11
Nº 50	315	17.48	88.37	11.63
Nº 100	118.5	6.58	94.95	5.05
Nº 200	52	2.89	97.84	2.16
PASA Nº 200	39	2.16	100.00	0.00

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Módulo De Fineza

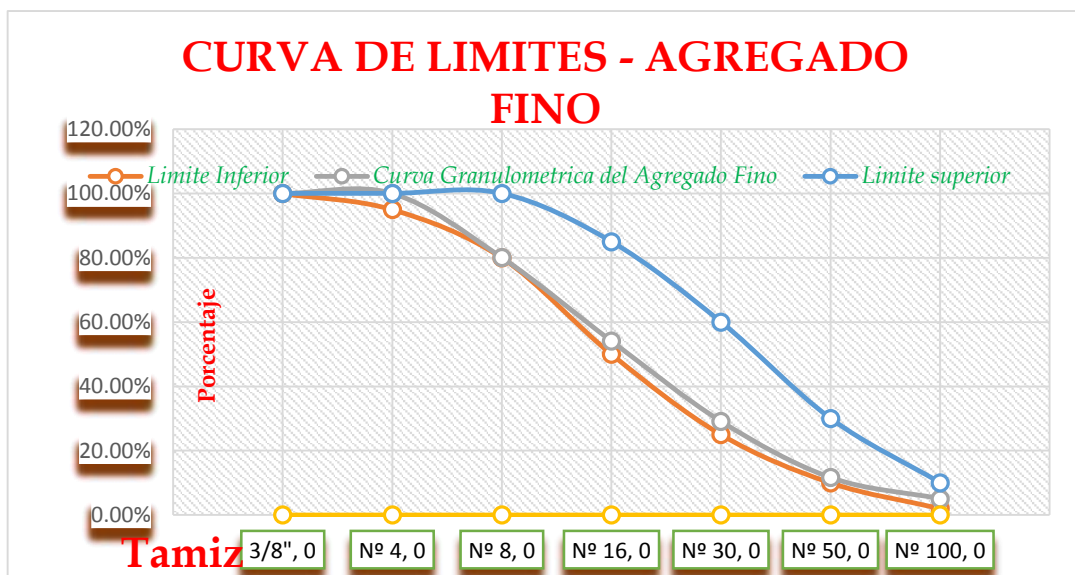
Agregado fino MF= 3.201

Figura N° 12: Curva Granulométrico del Fino



Fuente: Laboratorio de MS y EM

Figura N° 13: Curva Granulométrica Según los Límites Permisibles según el A.F



Fuente: Laboratorio de MS y EM

Gravedad específica NTP (400.022)

Tabla 25: *Análisis del Peso Específico y Absorción del confitillo*

IDENTIFICACION		21	46	38
A	PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	1119.8	1175.0	1106.2
B	PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (EN AGUA)	702.6	741.7	694.7
C	VOLUMEN DE MASAS /VOLUMEN DE VACIOS = A – B	417.2	433.3	411.5
D	PESO MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	1110.9	1167.9	1099.5
E	VOLUMEN DE MASA = C - (A - D)	408.3	426.2	404.8
	PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) = D/C	2.66	2.70	2.67
	PESO ESPECIFICO BULK(BASE SATURADA) = A/C	2.68	2.71	2.69
	PESO ESPECIFICO PARENTE (BASE SECA) = D/E	2.72	2.74	2.72
	% DE ABSORCION ((A- D)/D) X 100	0.8	0.6	0.6
PROMEDIO			0.673	

Fuente: Laboratorio de MS y EM

Tabla 26: *Análisis del Peso Específico y Absorción del Agregado Fino*

AGREGADO FINO (ARENA)		19
IDENTIFICACION		
A	PESO MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	300.0
B	PESO FRASCO + H2O	670.3
C	PESO FRASCO + H2O + PESO MATERIAL	970.3
D	PESO DEL MATERIAL + H2O EN EL FRASCO	857.6
E	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C - D	112.7
F	PESO DE MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	295.1
G	VOLUMEN DE MASA = E -(A - F)	107.8
	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) = F/ E	2.62
	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) = A/ E	2.66
	PESO ESPECIFICO APARENTE (BASE SECA) = F/G	2.74
	% DE ABSORCION =((A- F)/F) X 100	1.66

Fuente: Laboratorio de MS y EM

De acuerdo a los resultados de los agregados se puede decir que:

La arena estuvo limpia sin residuos orgánicos o materias extrañas, pues la ribera del río que se extrajo no estuvo tan contaminado. Del mismo modo la grava estuvo limpia sin porosidades o contaminantes extraños, por lo tanto, los resultados de laboratorio fueron óptimos y aportaron positivamente a la resistencia a compresión de los adoquines.

Resultado de Fluorescencia de Rayos X de la cascara de huevo

Características químicas.

Tabla 27: *Fluorescencia De Rayos X de la Cascara de Huevo Pulverizada*

OXIDO	CONCENTRACION % MASA	NORMALIZADO AL 100%
Al ₂ O ₃	6.405	9.671
SiO ₂	0.099	0.150
SO ₂	0.542	0.819
ClO ₂	0.101	0.152
K ₂ O	0.071	0.108
CaO	58.585	88.463
TiO	0.013	0.161
Cr ₂ O ₃	0.004	0.006
Fe ₂ O ₃	0.033	0.050
Ni ₂ O ₃	0.001	0.002
ZnO	0.006	0.009
SrO	0.165	0.247
ZrO ₂	0.008	0.012
CdO	0.194	0.293
Total	66.296	100.000

Fuente: Laboratorio de Arqueometría de la UNMSM

El resultado de FRX de la Cascara de Huevo Pulverizada nos muestra el CaO en un 88.463%, Al₂O₃ en un 9.671% y SO₂ en un 0.819% como elementos más predominantes.

Resultado de Fluorescencia de Rayos X del Vidrio Molido

Características químicas.

Tabla 28: *Fluorescencia De Rayos X del Vidrio Molido*

OXIDO	CONCENTRACIÓN % DE MASA	NORMALIZADO AL 100 %
AL₂O₃	2.882	3.898
SiO₂	57.614	77.925
ClO₂	0.275	0.372
K₂O	0.014	0.019
CaO	0.532	0.719
TiO	11.765	15.913
V₂O₅	0.119	0.161
Cr₂O₃	0.009	0.013
Mno	0.005	0.006
Fe₂O₃	0.02	0.028
Ni₂O₃	0.562	0.76
Ni₂O₃	0.003	0.004
CuO	0.006	0.008
ZnO	0.023	0.031
As₂O₃	0.0016	0.021
SrO	0.018	0.25
ZrO₂	0.024	0.032
CeO₂	0.049	0.066
TOTAL	73.935	100

Fuente: Laboratorio de Arqueometría de la UNMSM

El resultado de FRX de vidrio molido nos muestra el SiO₂ en un 77.925%, CaO en un 0.719%, TiO en un 15.913% y Al₂O₃ en un 3.898 como elementos más predominantes.

Resultados del Análisis de pH

Tabla 29: *Ph del Cemento, cascara de huevo, vidrio molido y sus Combinaciones*

MUESTRA	PH	CALIFICACION
Cemento Tipo I	12.15	extremadamente alcalina
Cascara de Huevo Pulverizada	8.85	fuertemente alcalina
Vidrio Molido	9.57	extremadamente alcalina
Cemento + 15 % de combinación (11.25% cascara de huevo + 3.75% vidrio molido)	12.07	extremadamente alcalina
Cemento + 30 % de combinación (22.50% cascara de huevo + 7.50% vidrio molido)	11.96	extremadamente alcalina

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas – UNASAM

Se observan valores alcalinos que permitirán la reacción con el cemento para poder alcanzar las resistencias óptimas deseables, ya que se encuentran dentro de los límites permisibles de pH que van de 12.5 a 8, lo es que óptimo para el concreto, pues en la mayoría de los casos tienen como calificación de ser extremadamente alcalinas, lo cual beneficia al concreto.

Resultados de la Relación Agua/ Cemento

Tabla 30: *Comparación de la relación A/C*

Requerimiento de Agua de Adoquín Patrón y Experimental		
Material	Porcentaje de sustitución	Relación A/C
Patrón	0%	0.52
polvo de Cascara de Huevo + Vidrio Molido	15%	0.50
polvo de Cascara de Huevo + Vidrio Molido	30%	0.56

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar que la mayor relación agua cemento lo obtuvo el adoquín experimental con sustitución del 30%, demostrando así que estas muestras demoraran en alcanzar su fraguado y tomar resistencia inicial y final.

Resultados de los Pesos de los Adoquines

Tabla 31: Comparación de Pesos de los Adoquines

Pesos promedio de los Adoquines patrón y experimental (kg)					
Muestra	% Sustitución	7	14	21	28
Adoquín Patrón	0%	2.60	2.63	2.64	2.66
Adoquín experimental	15%	2.59	2.61	2.62	2.63
Adoquín experimental	30%	2.61	2.62	2.63	2.63

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia que a mayor tiempo de curado aumenta su peso en todas las muestras según el cuadro y el que obtiene mayor peso, pero en mínima diferencia es el concreto experimental con 30% de sustitución.

Se observa que el peso de cada muestra aumentó conforme pasaron los días y se visualiza que el concreto experimental con 15% y el concreto patrón tienen menor peso, lo cual indica que tuvieron menor contenido de humedad y menos poros abiertos, por ende, obtuvieron mayor resistencia.

Resultados de los Ensayos de la Resistencia a la Compresión

Resistencia a la compresión concreto patrón

Tabla 32: Resistencia a la compresión 100% de cemento

Ítem	Edad (días)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	promedio de resistencia (kg/cm ²)	% promedio de resistencia
1	7	72080	360.40	323.92	101.22%
2	7	60060	300.30		
3	7	62210	311.05		
4	14	68780	343.90	343.13	107.23%
5	14	68100	340.50		
6	14	69000	345.00		
7	28	73730	368.65	350.28	109.46%
8	28	67130	335.65		
9	28	69310	346.55		

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Obtenido los resultados de la muestra patrón se observa que la resistencia a la compresión fue favorable con un 9.46% superando la resistencia deseada, por lo que refleja un correcto uso del diseño de mezcla por el método ACI.

Concreto con 85% de cemento y 15% de la combinación de cascara de huevo y vidrio molido

Tabla 33: Resistencia a la compresión con 85% de cemento y 15% de la combinación

Ítem	Edad (días)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	promedio de resistencia	% promedio de resistencia
1	7	67400	337.00	334.68	104.59%
2	7	66260	331.30		
3	7	67150	335.75		
4	14	71330	356.65	355.47	111.08%
5	14	71220	356.10		
6	14	70730	353.65		
7	28	72610	363.05	361.50	112.97%
8	28	72230	361.15		
9	28	72060	360.30		

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Se puede observar que la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una sustitución del 15% del cemento, por una combinación de cascara de huevo y vidrio molido, a los 7 días supera la resistencia y a los 28 días incrementa su resistencia en un 12.97% superando el diseño deseado.

Por tanto se desprende que se debe a que la cascara de huevo pulverizada gracias a su estructura molecular y propiedades químicas influye de forma directa en la dureza del cemento, ya que hace que los poros se reduzcan formando monolitos impermeables, con el tiempo el hidróxido remanente forma otra matriz de Carbonato de Calcio que aumenta la resistencia del concreto, por ello la cascara de huevo tiene la funcionalidad de trabajar como aditivo acelerante por su alto contenido de carbonato de calcio (CaCO₃), pues produce que la mezcla se solidifique más, acelerando la reacción

química del cemento y el agua, de este modo acelera la tasa de fraguado y la ganancia temprana en la resistencia del concreto.

Concreto con 70% de cemento y 30% de la combinación de cascara de huevo y vidrio molido.

Tabla 34: Resistencia a la compresión con 70% de cemento y 30% de la combinación

Ítem	Edad (días)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	promedio de resistencia	% promedio de resistencia
1	7	58570	292.85		
2	7	57820	289.10	294.00	91.88%
3	7	60010	300.05		
4	14	61000	305.00		
5	14	59860	299.30	307.42	96.07%
6	14	63590	317.95		
7	28	65030	325.15		
8	28	64080	320.40	325.18	101.62%
9	28	66000	330.00		

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Al realizar el análisis de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto con una adición del 30% de cascara de huevo y vidrio molido como sustituto del cemento, se concluye que se requiere de mayor fraguado para que adquiriera las resistencias iniciales mayores a las otras muestras, pero a los 28 días incrementa su resistencia en un 325.18 kg/cm² superando el diseño deseado por 1.062%.

Resultados Finales de los Ensayos de Compresión

Tabla 35: Comparación de Ensayos a Compresión en kg/cm²

DÍAS	RESISTENCIAS kg /cm ²		
	PATRON (0%)	EXPERIMENTAL (15%)	EXPERIMENTAL (30%)
7	323.92 – 101.22%	334.68 – 104.59%	294.00 - 91.88%
14	343.13 – 107.23%	355.47 – 111.08%	307.42 – 96.07%
28	350.28 – 109.46%	361.50 – 112.97%	325.18 – 101.62%

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Se observa a través de los resultados del ensayo de resistencia a compresión, que el adoquín sustituyendo en 15% al cemento siempre estuvo por encima en comparación a los resultados de compresión del adoquín patrón y adoquín experimental con 30% de sustitución.

El desarrollo de las resistencias fue creciendo conforme pasaron los días en los adoquines patrón y experimental. Se ve afectada la resistencia inicial en el porcentaje de 30% de sustitución de los adoquines experimentales, como también se observa que el concreto patrón supera en rangos considerables al concreto experimental de 30%, esto se debe al porcentaje de sustitución del cemento que se realizó, pues el porcentaje fue considerable provocando disminución en la resistencia, pero sin embargo a los 28 días adquiere una resistencia de 325.18 kg/cm, en el cual logra superar al diseño propuesto ($f'c=320$ kg/cm²), por 5.18 kg/cm².

Graficas de adoquín patrón y experimental comparados con su resistencia.

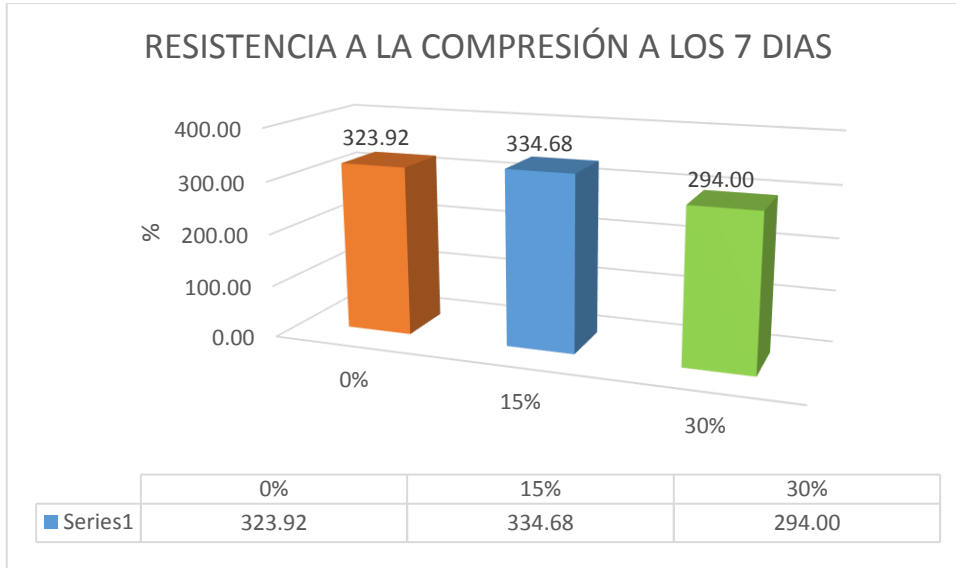


Figura N° 14: Resultados de la resistencia a compresión a los 7 días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

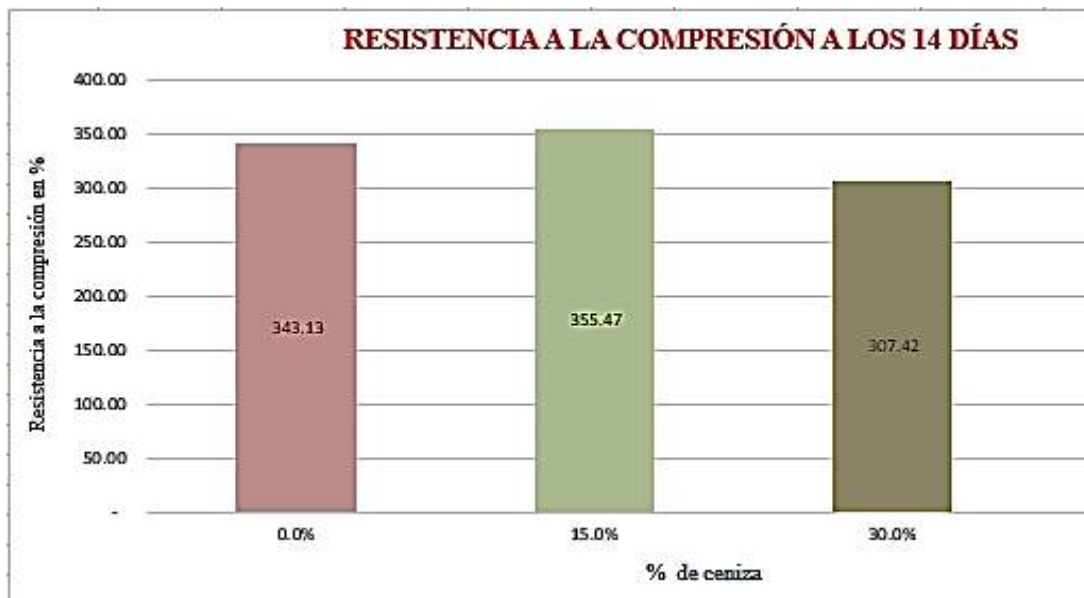


Figura N° 15: Resultados de la resistencia a compresión a los 14 días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

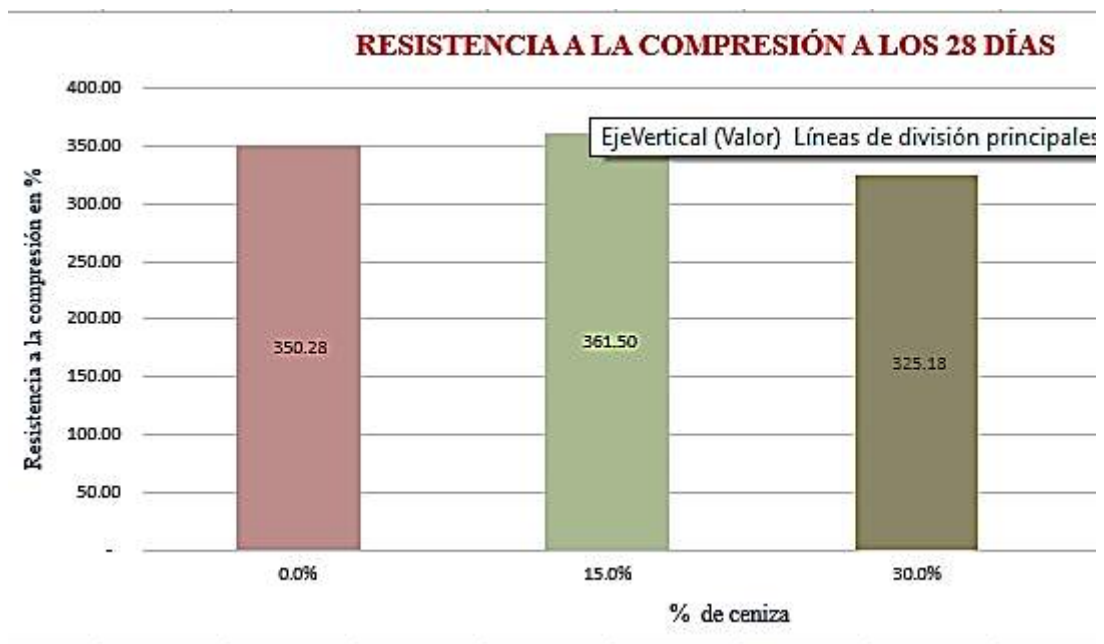


Figura N° 16: Resultados de la resistencia a compresión a los 28 días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

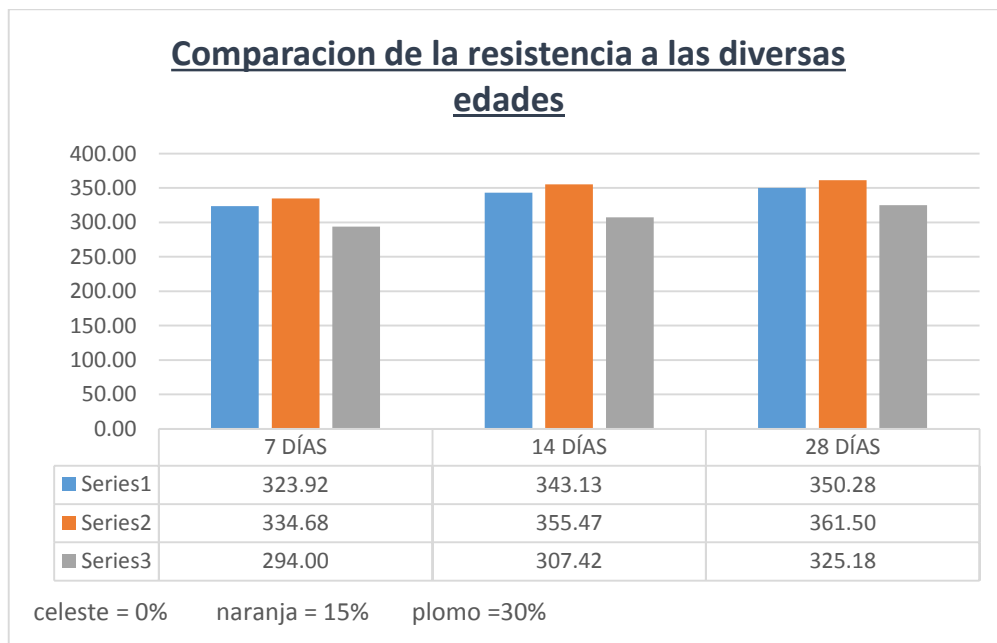


Figura N° 17: Resultados de la resistencia a compresión Vs Días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

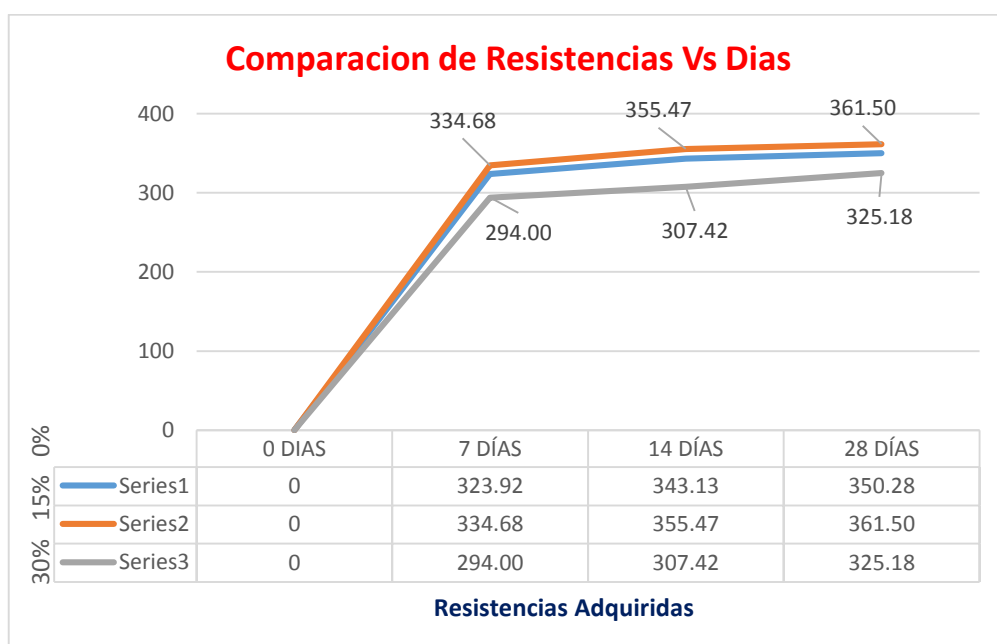


Figura N° 18: Resultados de la resistencia a compresión Vs Días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias del concreto patrón y experimentales $f^c=320 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 36: Calculo de la prueba Anova

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	gl	Promedio de los cuadrados	F	Prob	Valor crítico para F
Días	1214.331	2	607.165	56.853	0.05	5.143
Tipos de concreto	2783.075	2	1391.537	130.299	0.05	4.757
Error	42.718	4	10.680			
Total	4040.124	7				

Fuente: Elaboración Propia

Al ser los valores de la Probabilidad menores que 0.05 y la F calculada $> F$ crítico, tal como se puede observar en la Tabla anterior ($56.853 > 5.143$ y $130.299 > 4.757$), indica que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales con la sustitución al 15% y 30% por la combinación de cascara de huevo y vidrio molido en una proporción de 3:1

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se realiza la interpretación de los resultados en relación a cada valor obtenido en tablas y gráficos, de acuerdo a las diferentes pruebas realizadas en la presente investigación.

De los ensayos realizados, se puede mencionar lo siguiente:

Respecto a la calidad de los agregados

La granulometría del agregado fino y grueso se encuentra dentro de los límites indicados en la Norma ASTM C-33, NTP 400.011 y NTP 400.012 por lo que lo consideramos como Granulometría optima además sin la presencia de mica y arcilla.

El módulo de finura del agregado fino es 3.2 lo cual es adecuado, porque se encuentra dentro del rango requerido según la ASTM C 125 (2.3 – 3.2).

El peso específico del A.F es de 2.74 gr/cm³, se puede clasificar como un agregado normal ya que está en el límite del rango según la NTP 400.022 (2.4-2.8).

El peso específico del A.G es de 2.72 gr/cm³, se puede clasificar como un agregado normal ya que está en el límite del rango según la NTP 400.022 (2.5-2.8).

En el ensayo de absorción del A.F se obtuvo 1.66 %, lo cual está dentro del rango que indica la ASTM C128-127, NTP 400.022 (< 5%).

En el ensayo de absorción del A.G se obtuvo 0.673 %, lo cual está dentro del rango que indica la ASTM C128-127, NTP 400.022 (< 5%).

El contenido de humedad del A.F es 5.97 % resultados que se encuentran dentro de límites permisibles según la NTP 400.010.

El contenido de humedad del A.G es 0.25 % resultados que se encuentran dentro de límites permisibles según la NTP 400.010.

De la misma manera el peso unitario suelto y compactado de los agregados se encuentran dentro de los límites permisibles que indica la NTP 400.017.

Se puede apreciar que del análisis químico (fluorescencia de rayos – X, dispersiva en energía) del vidrio molido, sus componentes más importantes fueron los óxidos de silicio en 77.925%, aluminio en 3.898% , hierro en 0.028% y calcio en 0.719%, siendo así estos valores permiten estimar una buena actividad puzolánica bajo el estándar de la ASTM C 618 , el cual indica que la suma de los óxidos de silicio, aluminio y hierro deben superar el 70 % para que un material pueda considerarse como puzolánico , en este caso la suma porcentual de los óxidos es de 81.851% que se encuentra dentro del criterio de puzolanidad ya mencionado, es decir el proceso realizado para la activación del material ha permitido obtener un material con buena reactividad puzolánica.

Respecto al análisis químico (fluorescencia de rayos – X, dispersiva en energía) de la cascara de huevo, los óxidos de calcio presentes en su contenido fueron de 88.463%, el cual combinado con el cemento, sí originan un material cementante con alta reactividad puzolanica para el conglomerado de la mezcla, que favorece a la resistencia.

Tomaremos la composición básica del cemento como referencia:

Tabla 37: Comparación de los componentes químicos del cemento y los materiales de sustitución

ELEMENTOS QUIMICOS	CEMENTO	CASCARA DE HUEVO PULVERIZADA	VIDRIO MOLIDO
CaO	60-67%	88.463%	0.719%
SiO2	17-25%	0.150%	77.925%
Al2O3	3-8%	9.671%	3.898%
Fe2O3	0.5-0.6%	0.050%	0.028%

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar la muestra de cascara de huevo pulverizada y vidrio molido poseen Óxidos similares al del cemento, pero los % varían de acuerdo a los elementos químicos que contienen cada material de sustitución.

En el caso de la cascara de huevo pulverizada tiene un buen contenido de CaO = 88.463% y se encuentra dentro del rango requerido del cemento que es de 60% - 67%,

inclusive superando dicho rango, que incorporado en el material aglomerante es beneficioso, ocasionando aumento en la resistencia del adoquín.

Por otro lado, el vidrio molido tiene como elemento representativo el SiO₂= 77.925% y se encuentra superior al rango requerido del cemento que es de 17% - 25%. El alto contenido de SiO₂ incorporado en el material aglomerante es beneficioso ocasionando aumento en la resistencia del adoquín.

Ph de los materiales sustitutos

Los resultados del análisis de pH, muestran valores de los materiales utilizados en la sustitución del cemento, que son la cascara de huevo con 8.85, el vidrio molido con un valor de 9.57, el cemento con 12.15, y por ultimo las combinaciones de:

Cemento + 15% de sustitución (11.25% cascara de huevo + 3.75% vidrio molido) con un valor de 12.07

Cemento + 30% de sustitución (22.50% cascara de huevo + 7.50% vidrio molido) con un valor de 11.96

Siendo así se observan valores alcalinos que permitirán una buena reacción con el cemento para poder alcanzar las resistencias óptimas deseables, ya que los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites permisibles de pH que van de 12.5 a 8, lo es que óptimo para el concreto.

Análisis de la relación Agua / Cemento

Tabla 38: Comparación de la relación agua/cemento de los adoquines patrón y experimentales.

Requerimiento de Agua de Adoquín Patrón y Experimental		
Material	Porcentaje de sustitución	Relación A/C
Patrón	0%	0.52
polvo de Cascara de Huevo + Vidrio Molido	15%	0.50
polvo de Cascara de Huevo + Vidrio Molido	30%	0.56

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar a través de los resultados, que la propiedad aportada por la cascara de huevo pulverizada que es el Óxido de Calcio, exige mayor cantidad de agua que pone en desventaja significativa al nuevo cemento con sustitución de 30% adquiriendo la relación a/c más elevada, se resalta que el concreto experimental con 15% obtuvo la relación a/c más baja, lo cual indica que las resistencias obtenidas serán óptimas por tener menos porosidad y menos contenidos de aire.

Resistencia a la compresión

En la Tabla N° 37, apreciamos los resultados obtenidos y podemos deducir que la sustitución del 15% presenta resistencias superiores en porcentaje en comparación al concreto patrón y al concreto experimental con 30%, llegando a 104.59% a los 7 días, de la misma manera, a los 14 con 111.08% y 28 días con 112.97 % respectivamente.

Tabla 39: Comparación de las Resistencias a la Compresión del Concreto Patrón y Experimentales (proporción de 3:1).

DÍAS	PATRÓN - 0%		EXPERIMENTAL AL 15 %		EXPERIMENTAL AL 30 %	
	Kg/cm2	%	Kg/cm2	%	Kg/cm2	%
7	323.92	101.22%	334.68	104.59%	294.00	91.88%
14	343.13	107.23%	355.47	111.08%	307.42	96.07%
28	350.28	109.46%	361.50	112.97%	325.18	101.62%

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

En esta investigación se puede observar que la resistencia a la compresión más óptima es del 15% de sustitución del cemento, por una combinación de cascara de huevo pulverizado y vidrio molido (proporción 3:1), superando al concreto patrón en un 3.51 % a los 28 días.

En la Figura N° 23, se observa que existe tendencia a aumentar las resistencias en el tiempo, tanto para el adoquín patrón y experimental, siendo así se visualiza que la resistencia del adoquín experimental con 15% de sustitución, siempre estuvo por encima en comparación a los demás resultados.

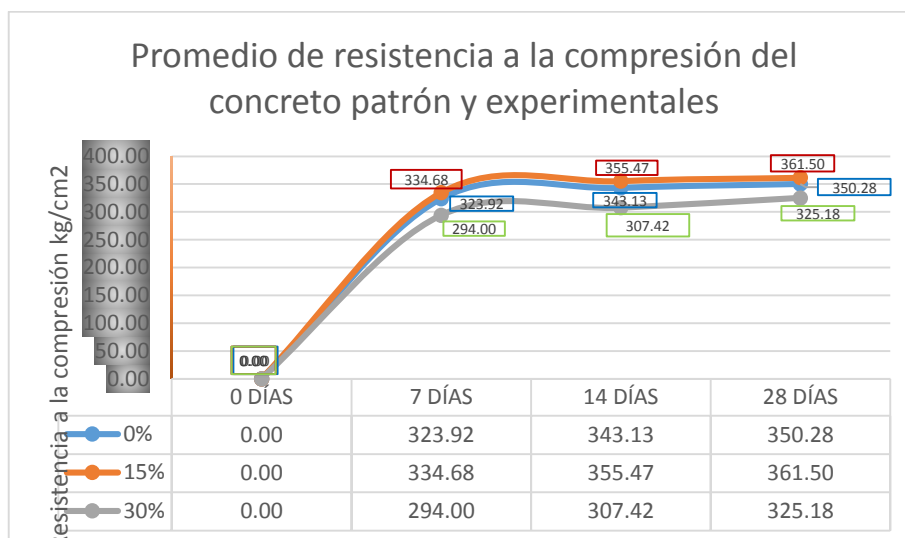


Figura N° 19: Resultados de la resistencia a compresión Vs Días

Fuente: Ensayo de Compresión. Laboratorio de Ensayo de Materiales – USP

En la Figura N° 23, también se puede observar que la sustitución al 15 % por una combinación de cascara de huevo pulverizado y vidrio molido, se incrementa en 10.77 kg/cm² en comparación con el patrón a edad de 7 días, del mismo modo a los 14 días el concreto experimental de 15% supera al patrón en un 12.33 kg/cm² y finalmente a los 28 días llega con una diferencia de 11.22 kg/cm² con respecto al patrón.

En consecuencia, el 30% de sustitución del cemento fue un porcentaje alto por lo cual se vio afectada la resistencia inicial en los adoquines experimentales, la resistencia del 30% de sustitución necesita mayor curado para alcanzar la resistencia del concreto patrón. Sin embargo, a los 28 días, tanto el concreto patrón como los concretos experimentales logran superar el diseño propuesto en la presente investigación ($f'c=320\text{kg/cm}^2$).

En comparación con los antecedentes, se deduce lo siguiente:

Mohamad (2015). Indicó en su investigación que los datos recopilados con respecto a los resultados, al 5% de reemplazo de cáscara de huevo, la fuerza fue más alto que el ladrillo de concreto de control e indico que el 5% de reemplazo de cáscara de huevo fue un contenido óptimo. Del mismo modo la presente investigación obtuvo resultados

óptimos y satisfactorios con el reemplazo de 15% y 30% del cemento por una combinación de cascara de huevo pulverizada y vidrio molido, registrando para el 15% de sustitución un valor de 361.50 kg/cm² y para el 30% de sustitución un valor de 325.18 kg/cm², del cual se desprende que el porcentaje más óptimo de sustitución fue el de 15% ya que logro superar también al concreto patrón que solo alcanzo 350.28 kg/cm² a los 28días.

Córdova (2018). Concluyó que el vidrio pulverizado puede reemplazar el cemento sin afectar su resistencia en un 10% del peso del mismo a un tamaño de 0.15mm. y que la adición del vidrio no genera cambios en propiedades de concreto, pero si genera cambios considerables en cuanto al tiempo de fraguado. Del mismo modo en la presente investigación los resultados del ensayo a compresión indicaron que la sustitución del cemento a un 30% genera una disminución en cuanto al tiempo de fraguado, ya que los resultados de resistencia de este porcentaje se mantuvieron siempre por debajo del concreto patrón y del concreto experimental con 15%, de lo cual se deduce que no es recomendable utilizar más de un 15% en la sustitución del cemento.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Respecto a los estudios de calidad de los agregados, se concluye que la Granulometría, el Peso Específico, % de Absorción, el Peso Unitario y por último el Contenido de Humedad se rigen a lo que indica la NTP y ASTM respecto a los agregados, por tanto, se deduce que los agregados de la Cantera de Tallan – Huaraz, son de buena calidad y óptimos para su utilización en la fabricación de adoquines de concreto.

La composición química de la cascara de huevo pulverizada, indica su potencial como material puzolanico, ya que contiene un 88.463% de Oxido de Calcio, que origina un material cementante con alta reactividad puzolanica en concordancia con la norma ASTM C- 618. Del mismo modo en el caso de vidrio molido tiene como elementos representativos el SiO₂ en 77.925%, aluminio en 3.898%, hierro en 0.028% y calcio en 0.719%, estos valores permiten estimar la actividad puzolánica de este material bajo el estándar de la ASTM C 618.

Las muestras son altamente alcalinas resultando similar a la del cemento, se obtiene 12.07 de PH para la combinación de cemento + 15% de sustitución (11.25% cascara de huevo +3.75% vidrio molido) y para el cemento + 30% de sustitución (22.50 % cascara de huevo + 7.50 % vidrio molido) se obtiene 11.96 de pH. Estos resultados se Encuentran dentro de los parámetros de 12.5 a 8 de alcalinidad, lo que es favorable para el concreto.

Se utilizó el método del ACI para el diseño de mezcla del Adoquín con $f'c = 320$ kg/cm², resultando la relación Agua – Cemento de 0.52 para el concreto patrón y para la sustitución del 15% de cemento la relación A/c fue de 0.50, Al mismo tiempo para la sustitución del 30% de cemento, la relación A/C fue de 0.56, de los cuales se obtuvo resultados óptimos respecto a la resistencia a compresión, llevando la delantera el concreto experimental con 15 % de sustitución por tener la menor relación a/c.

La resistencia a los 28 días del adoquín experimental sustituyendo el cemento en 15% fue de 361.50 kg/cm², la sustitución del 30% alcanzó una resistencia de 325.18kg/cm² y el adoquín patrón alcanzó una resistencia de 350.28 kg/cm². En los 3 casos los resultados superaron al diseño elaborado (320 kg/cm²) obteniendo el concreto Patrón 9.46% más de la resistencia deseada, el concreto experimental con 15% de sustitución 12.97% y por último el concreto experimental con 30% de sustitución obteniendo un valor de 1.62% más de la resistencia deseada. Por tanto, la inclusión del 15% de cascara de huevo y vidrio molido al concreto arrojan buenos resultados, incrementando la resistencia a la compresión, de los cuales se desprende que es un % optimo.

RECOMENDACIONES

Primeramente, se recomienda la continuidad de este estudio con diferentes porcentajes de sustitución utilización del vidrio molido y la cascara de huevo pulverizada, para analizar los diferentes resultados y sus reacciones en cada una de ellas.

Para optimizar los resultados de la cascara de huevo para la obtención del calcio es recomendable que se calcine, para obtener más óxido de calcio y que estas generen mayores propiedades alcalinas a la mezcla del concreto.

Se recomienda establecer una planta pulverizadora de vidrio que tenga como lugares de acogida a las ciudades del Callejón de Huaylas- Ancash, ya que, si el lugar de acopio solo se limita en la ciudad de Huaraz, esta planta no sería rentable por la falta de vidrio.

Dar más énfasis e importancia a las investigaciones con el uso de residuos y desechos contaminantes para el medio ambiente, pues de esta forma se reduciría la contaminación del medio ambiente y al mismo tiempo se daría alternativas de uso en mezclas de concreto.

Es necesario realizar un estudio de factibilidad y viabilidad económica completo para conocer la verdadera inversión que habría que realizarse para poder sacar el producto al mercado.

VI. AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la vida y con su bendición haberme guiado, permitiéndome llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi tutor de tesis Ing. Dante Salazar Sánchez, por su apoyo incondicional en el desarrollo de la presente investigación.

A mi madre Florisa, por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi preparación y desarrollo profesional, pues ha sido mi gran motivo de superación y lucha en la vida, ella me ha enseñado con su ejemplo que la palabra rendirse no existe y hoy es un pilar muy importante en mi vida.

A mis queridos hermanos por su gran amor y por qué sé que yo soy un ejemplo para ellos, también a mis demás familiares por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, en especial a mí querida abuelita Benedicta Flores, que desde el cielo sé que está orgullosa de mí porque con sus oraciones, sabios consejos y palabras de aliento me formo una persona con principios y hoy te digo gracias por todo ello.

A la Universidad Privada San Pedro – Sede Huaraz por permitirme formar parte de ella, pues ha sido como mi segundo hogar y gracias a ello he podido formarme plenamente como una mejor persona.

A los profesores que imparten las asignaturas por brindarme sus experiencias y conocimientos, gracias a ellos he podido ampliar mis horizontes en el ámbito personal y profesional.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afolayan, et al. (2017). *investigating the effect of eggshell ash on the properties of sandcrete block*. Nigeria.

Alemán, L. (2017). *Resistencia a compresión axial del mortero cemento – arena 1:4 con el reemplazo de vidrio molido*. Trujillo.

Cabrera Barboza. (2014). *Comparación de la Resistencia de Adoquines de Concreto y otros Elaborados con Vidrio Reciclado, Cajamarca, 2014*. Cajamarca.

Córdova Sánchez. (2018). *Análisis del Concreto Simple Utilizando Vidrio Pulverizado como Adición para Concreto de Alta Resistencia con Agregados de la Ciudad de Chiclayo*. Chiclayo.

Huanio Estrada, L. N., & Sanchez Bermudez, E. J. (2017). • *Determinación de la granulometría óptima del carbonato de calcio obtenido de la cáscara de huevo para el mejoramiento de suelos ácidos del valle del santa*. Chimbote - Perú.

Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas y concreto*.

Norma Técnica Peruana NTP 334.009

Norma Técnica Peruana NTP 400.11.

Normas Técnica Peruana NTP 400.037

Norma Técnica Peruana NTP 339.088

Mohamad, M. (2015). *the Effect of eggshell powder on concrete brick performance as partial replacement of cement*. Universidad MALAYSIA PAHANG .

Torre C., A. (2004). *Curso basico de tecnologia de materiales*. Lima.

Vargas, C. (2015). *Reutilización de vidrio plano como agregado fino en la elaboración de morteros de cemento y concretos*. Costa Rica.

VIII. ANEXOS Y APÉNDICES



*Figura N° 1: Recolección Del Confitillo – Cantera Tacllan
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°2: Recolección Del Agregado Fino – Cantera Tacllan
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°3: Toma de muestra del A.G.
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°4: Toma de muestra del A.F
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°5: Proceso de secado en el horno
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura N°6: Cuarteo
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°7: Parte del cuarteo
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°8: Selección del agregado
Fuente: Elaboración Propia*



Figura N°9: Peso del agregado
Fuente: Elaboración Propia



Figura N°10: Clasificación de las mallas
Fuente: Elaboración Propia



Figura N°11: Retiro de la muestra del horno
Fuente: Elaboración Propia



Figura N°12: Tamizado
Fuente: Elaboración Propia



*Figura N°13: Proceso del pesado de la muestra
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura N°14: Llenado del Confitillo.
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°15: Llenado del agregado Fino
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura N°16: Peso del A. Fino + molde
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°17: Llenado del Confitillo
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura N°18: Varillado del Confitillo
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°19: Llenado del agregado Fino
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°20: Varillado del A. Fino
Fuente: Elaboración Propia*



Figura N°21: proceso de secado
Fuente: Elaboración Propia



Figura N°22: Enfriamiento del material
Fuente: Elaboración Propia



Figura N°23: Arena fina en el molde cónico
Fuente: Elaboración Propia



Figura N°24: Material desmoronado
Fuente: Elaboración Propia



Figura N°25: Peso del material seco
Fuente: Elaboración Propia

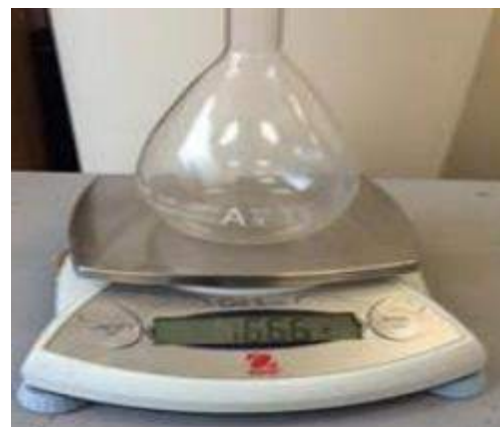


Figura N°26: Peso del picnómetro
Fuente: Elaboración Propia



*Figura N°27: Peso del material
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura N°28: Material en la canastilla
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°29: Obtención de la materia prima
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura N°30: Extracción de la materia
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°31: Lavado de la cascara de huevo
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura N°32: Desinfección de la cascara de huevo
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°33: Secado de la cascara de huevo
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura N°34: Molienda de la cascara de huevo
Fuente: Elaboración Propia*



*Figura N°35: Secado de la cascara de huevo
Fuente: Elaboración propia*



*Figura N°36: Recolección de vidrio
Fuente: Elaboración propia*



*Figura N°37: Limpieza del vidrio
Fuente: Elaboración propia*



*Figura N°38: Secado del vidrio
Fuente: Elaboración propia*



Figura N°39: Trituración del vidrio
Fuente: Elaboración propia



Figura N°40: Tamizado del vidrio
Fuente: Elaboración propia



Figura N°41: Vidrio Pulverizado
Fuente: Elaboración propia



Figura N°42: Implementos de seguridad
Fuente: Elaboración propia



*Figura N°43: Mesa vibratoria
Fuente: Elaboración propia*



*Figura N°44: Prueba de slump.
Fuente: Elaboración propia*



*Figura N° 45: Molde del adoquín
Fuente: Elaboración propia*



*Figura N°46: Moldeado de la muestra
Fuente: Elaboración propia*



*Figura N°47: Fraguado del adoquín
Fuente: Elaboración propia*



*Figura N°48: Curado del adoquín
Fuente: Elaboración propia*



Figura N°49: Se observa el ensayo a compresión de los adoquines de concreto

Fuente: Elaboración propia



Figura N°50: Se observa la rotura del adoquín en la maquina mecánica para compresión

Fuente: Elaboración propia



Informe N°115-LAQ/2018

Análisis de cáscara de huevo por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de cascara de huevo a pedido del Sr. **Jaimes Acuña, Víctor**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia de Adoquines de Concreto $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$ Sustituyendo el Cemento en 15% y 30% por una Combinación de Cáscara de Huevo y Vidrio Molido.”

La muestra está en forma de grano fino de color gris.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μA . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6470 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg ($Z=12$) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cascara de huevo. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es menor



que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg, que esta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos, y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de cáscara de huevo en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	6.405	9.671
SiO ₂	0.099	0.150
SO ₂	0.542	0.819
ClO ₂	0.101	0.152
K ₂ O	0.071	0.108
CaO	58.585	88.463
TiO	0.013	0.161
Cr ₂ O ₃	0.004	0.006
Fe ₂ O ₃	0.033	0.050
Ni ₂ O ₃	0.001	0.002
ZnO	0.006	0.009
SrO	0.165	0.247
ZrO ₂	0.008	0.012
CdO	0.194	0,293
Total	66.296	100.00

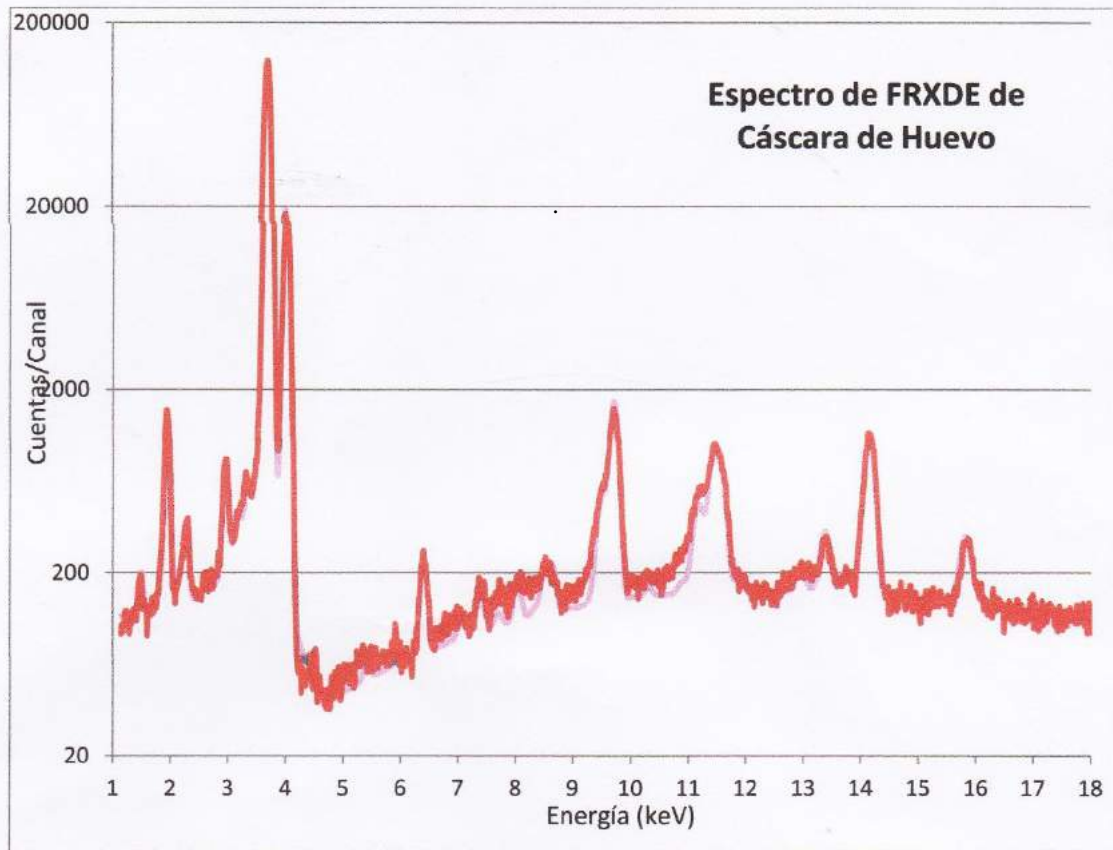


Figura 1. Espectro de FRXDE de cáscara de huevo molido en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 31 de agosto del 2018



Informe N°116-LAQ/2018

Análisis de vidrio molido por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de vidrio molido a pedido del Sr. **Jaimes Acuña, Víctor**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia de Adoquines de Concreto $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$ Sustituyendo el Cemento en 15% y 30% por una Combinación de Cáscara de Huevo y Vidrio Molido.”

La muestra está en forma de grano fino de color rosado claro.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μA . Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 1940 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg ($Z=12$) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una



componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de vidrio molido. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es menor



que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg, que esta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos, y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de vidrio molido en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	2.882	3.898
SiO ₂	57.614	77.925
SO ₂	0.275	0.372
ClO ₂	0.014	0.019
K ₂ O	0.532	0.719
CaO	11.765	15.913
TiO	0.119	0.161
V ₂ O ₅	0.009	0.013
Cr ₂ O ₃	0.005	0.006
MnO	0,020	0.028
Fe ₂ O ₃	0.562	0.760
Ni ₂ O ₃	0.003	0.004
CuO	0.006	0.008
ZnO	0.023	0.031
As ₂ O ₃	0.016	0.021
SrO	0.018	0.025
ZrO ₂	0.024	0.032
CeO ₂	0.049	0,066
Total	73.935	100.00

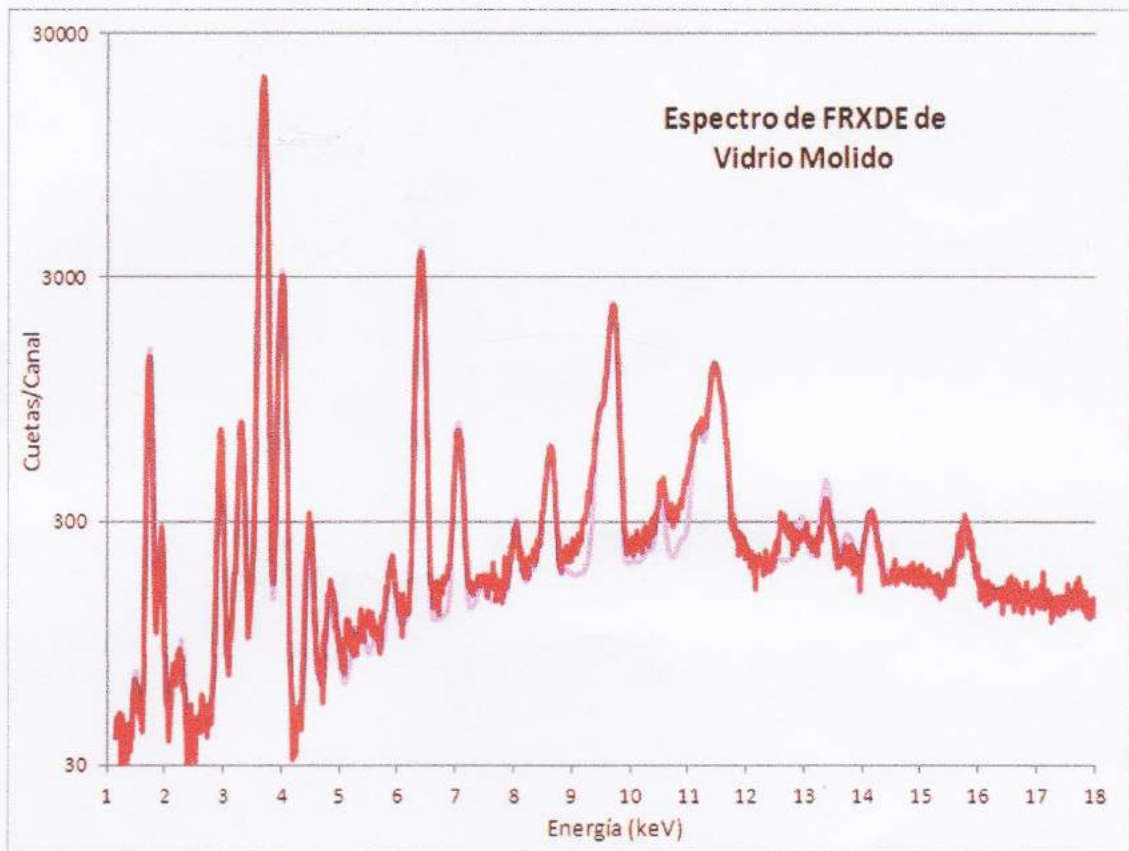


Figura 1. Espectro de FRXDE de vidrio molido en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....

Laboratorio de Arqueometría



Lima, 31 de agosto del 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia de Adoquín de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/Cm}^2$. Sustituyendo el Cemento en 15 % y 30 % por una Combinación de Cascara de Huevo y Vidrio Molido”

TESISTA : Bach. Jaimes Acuña, Víctor Roberh - Tesista

MUESTRA : Cemento + 15 % de combinación (11.25 % Cascara de Huevo + 3.75 % Vidrio molido)

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 23-07-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 30-07-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 30-07-18

Muestra	pH
Cemento + 15 % de combinación (11.25 % Cascara de Huevo + 3.75 % Vidrio molido)	12.07

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como Extremadamente alcalina

Huaraz, 30 de Julio del 2018.



Guillermo Castillo Romero
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAVAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia de Adoquín de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/Cm}^2$. Sustituyendo el Cemento en 15 % y 30 % por una Combinación de Cascara de Huevo y Vidrio Molido”

TESISTA : Bach. Jaimes Acuña, Víctor Roberh - Tesista

MUESTRA : Cemento + 30 % de combinación (22.50 % Cascara de Huevo + 7.50 % Vidrio molido)

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 23-07-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 30-07-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 30-07-18

Muestra	pH
Cemento + 30 % de combinación (22.50 % Cascara de Huevo + 7.50 % Vidrio molido)	11.96

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como Extremadamente alcalina

Huaraz, 30 de Julio del 2018.



Guillermo Castillo Romero
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: "Resistencia de Adoquín de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/Cm}^2$. Sustituyendo el Cemento en 15 % y 30 % por una Combinación de Cascara de Huevo y Vidrio Molido"

TESISTA : Bach. Jaimes Acuña, Víctor Roberh - Tesista

MUESTRA : Cemento

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 23-07-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 30-07-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 30-07-18

Muestra	pH
Cemento	12.15

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 30 de Julio del 2018.



[Signature]
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax: 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia de Adoquín de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/Cm}^2$. Sustituyendo el Cemento en 15 % y 30 % por una Combinación de Cascara de Huevo y Vidrio Molido”

TESISTA : Bach. Jaimes Acuña, Víctor Roberh - Tesista

MUESTRA : Vidrio Molido

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 23-07-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 30- 07-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 30-07-18

Muestra	pH
Vidrio molido	9.57

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como extremadamente alcalina

Huaraz, 30 de Julio del 2018.



Ing. Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Resistencia de Adoquín de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/Cm}^2$. Sustituyendo el Cemento en 15 % y 30 % por una Combinación de Cascara de Huevo y Vidrio Molido”

TESISTA : Bach. Jaimes Acuña, Víctor Roberh - Tesista

MUESTRA : Cascara de Huevo

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz - Ancash

FECHA DE RECEPCIÓN: 23-07-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 30- 07-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 30-07-18

Muestra	pH
Cascara de Huevo	8.85

ENSAYOS

1.- Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomado por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES

- El pH es calificado como fuertemente alcalina

Huaraz, 30 de Julio del 2018.



[Signature]
M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS

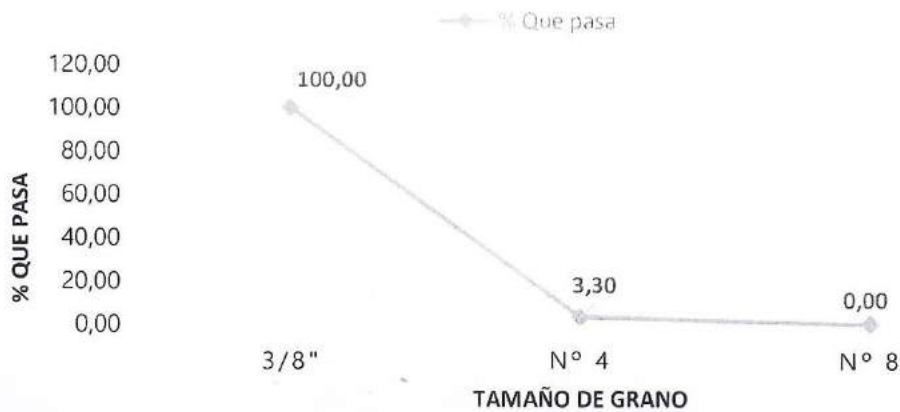


ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO:	"Resistencia de Adoquines de Concreto F'c = 320 kg/cm ² , sustituyendo el cemento en 15% y 30% por una combinacion de cascara de huevo y vidrio Molido"
CANTERA:	Tacllan - Huaraz - Ancash
ASESOR:	Ing. Dante Salazar Sanchez
RESPONSABLE:	VICTOR ROBERTH JAIMES ACUÑA
MUESTRA:	Confitillo y Agregado Fino

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)				
PESO INICIAL :			1425	gr
Malla (pulg)	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				100,00
Nº 4	1378	96,70	96,70	3,30
Nº 8	47	3,30	100,00	0,00

CURVA GRANULOMETRICA- CONFITILLO



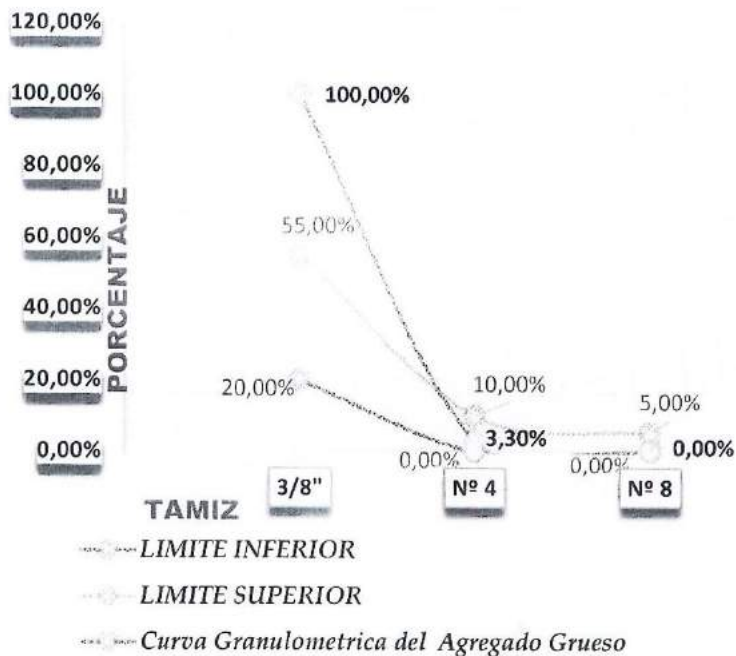
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENYAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)			
TAMIZ	ABERTURA DE TAMIZ	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
3/8"	9,5	55,00%	20,00%
Nº 4	4,75	10,00%	0,00%
Nº 8	2,36	5,00%	0,00%

CURVA GRANULOMETRICA A.G. Vs LIMITES PERMISIBLES



MG= 5,967



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



AGREGADO FINO (ARENA)				
PESO INICIAL :			1802	gr
Malla	Peso (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
N° 4	-	-	-	100,00
N° 8	359,5	19,95	19,95	80,05
N° 16	468	25,97	45,92	54,08
N° 30	450	24,97	70,89	29,11
N° 50	315	17,48	88,37	11,63
N° 100	118,5	6,58	94,95	5,05
N° 200	52	2,89	97,84	2,16
PASA N° 200	39	2,16	100,00	0,00

CURVA GRANULOMETRICA - ARENA



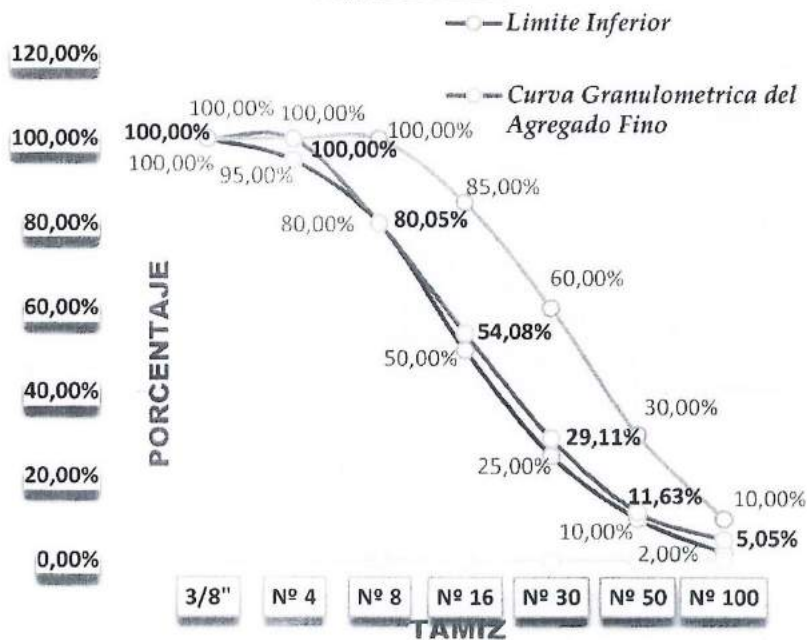
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



AGREGADO FINO			
TAMIZ	ABERTURA DE TAMIZ	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
3/8"	9,5	100,00%	100,00%
Nº 4	4,75	100,00%	95,00%
Nº 8	2,36	100,00%	80,00%
Nº 16	1,18	85,00%	50,00%
Nº 30	0,6	60,00%	25,00%
Nº 50	0,3	30,00%	10,00%
Nº 100	0,15	10,00%	2,00%

CURVA GRANULOMETRICA A.F. Vs LIMITES PERMISIBLES



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES

Elizabeth Maza Ambrosio
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO:	"Resistencia de Adoquines de Concreto F'c = 320 kg/cm ² , sustituyendo el cemento en 15% y 30% por una combinación de cascara de huevo y vidrio Molido"
CANTERA:	Tacllan - Huaraz - Ancash
ASESOR:	Ing. Dante Salazar Sanchez
RESPONSABLE:	VICTOR ROBERTH JAIMES ACUÑA
MUESTRA:	Confitillo y Agregado Fino

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)		
Nº	DESCRIPCION	
Recipiente :		Nº 3
1	Peso recipiente + Suelo humedo	1380,00
2	Peso recipiente + Suelo seco	1377,00
3	Peso del Agua (1) - (2)	3,00
4	Peso Recipiente (gr)	169,00
5	Peso suelo Seco (2) - (4)	1208,00
6	Humedad (3/5) x 100 (%)	0,25
HUMEDAD PROMEDIO		0,25

AGREGADO FINO (ARENA)		
Nº	DESCRIPCION	
Recipiente :		Nº 39
1	Peso recipiente + Suelo humedo	951,00
2	Peso recipiente + Suelo seco	907,00
3	Peso del Agua (1) - (2)	44,00
4	Peso Recipiente (gr)	170,00
5	Peso suelo Seco (2) - (4)	737,00
6	Humedad (3/5) x 100 (%)	5,97
HUMEDAD PROMEDIO		5,97



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

PROYECTO:	"Resistencia de Adoquines de Concreto F'c = 320 kg/cm ² , sustituyendo el cemento en 15% y 30% por una combinacion de cascara de huevo y vidrio Molido"
CANTERA:	Taclan - Huaraz - Ancash
ASESOR:	Ing. Dante Salazar Sanchez
RESPONSABLE:	VICTOR ROBERTH JAIMES ACUÑA
MUESTRA:	Confitillo y Agregado Fino

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)				
IDENTIFICACION:		N°21	N°46	N°38
A	ESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	1119,8	1175,0	1106,2
B	ESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA (EN AGUA)	702,6	741,7	694,7
C	VOLUMEN DE MASAS / VOLUMEN DE VACIOS = A - B	417,2	433,3	411,5
D	PESO MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	1110,9	1167,9	1099,5
E	VOLUMEN DE MASA = C - (A - D)	408,3	426,2	404,8
	PESO ESPECIFICO BULK(BASE SECA) = D/C	2,66	2,70	2,67
	PESO ESPECIFICO BULK(BASE SATURADA) = A/C	2,68	2,71	2,69
	PESO ESPECIFICO PARENTE (BASE SECA) = D/E	2,72	2,74	2,72
	% DE ABSORCION = ((A- D)/D) X 100	0,8	0,6	0,6
PROMEDIO		0,673		

AGREGADO FINO (ARENA)		
IDENTIFICACION :		19
A	PESO MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	300,00
B	PESO FRASCO + H2O	670,30
C	PESO FRASCO + H2O + PESO MATERIAL	970,30
D	PESO DEL MATERIAL + H2O EN EL FRASCO	857,60
E	VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C - D	112,70
F	PESO DE MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	295,10
G	VOLUMEN DE MASA = E - (A - F)	107,80
	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) = F/ E	2,62
	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) = A/ E	2,66
	PESO ESPECIFICO APARENTE (BASE SECA) = F/G	2,74
	% DE ABSORCION = ((A- F) /F) X 100	1,66



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



PESO UNITARIO

PROYECTO:	"Resistencia de Adoquines de Concreto $F'c = 320 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo el cemento en 15% y 30% por una combinación de cascara de huevo y vidrio molido"
CANTERA:	Taclan - Huaraz - Ancash
ASESOR:	Ing. Dante Salazar Sanchez
RESPONSABLE:	VICTOR ROBERTH JAIMES ACUÑA
MUESTRA:	Confitillo y Agregado Fino

AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)						
TIPO DE PESO UNITARIO:	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	27,365	27,370	27,380	28,835	28,840	28,850
PESO DEL MOLDE	7,471	7,471	7,471	7,471	7,471	7,471
PESO DEL MATERIAL	19,894	19,899	19,909	21,364	21,369	21,379
VOLUMEN DEL MOLDE	13,724	13,724	13,724	13,724	13,724	13,724
PESO UNITARIO	1,450	1,450	1,451	1,557	1,557	1,558
PESO UNITARIO PROMEDIO	1,45			1,557		

AGREGADO FINO (ARENA)						
TIPO DE PESO UNITARIO:	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
MUESTRA N°	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	7,020	7,030	7,025	7,590	7,575	7,565
PESO DEL MOLDE	3,420	3,420	3,420	3,420	3,420	3,420
PESO DEL MATERIAL	3,600	3,610	3,605	4,170	4,155	4,145
VOLUMEN DEL MOLDE	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776
PESO UNITARIO	1,297	1,300	1,299	1,502	1,497	1,493
PESO UNITARIO PROMEDIO	1,30			1,50		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

DISEÑO DE MEZCLA

MATERIALES

CEMENTO	
Cemento Portland ASTM Tipo I (SOL)	
Peso específico	3,15 gr/cm ²

AGREGADO FINO		
Peso específico	2,74	gr/m ³
Porcentaje de absorción (%)	1,66	%
Contenido de humedad (%)	5,97	%
Peso unitario suelto seco	1,30	kg/m ²
Peso unitario compactado seco	1,50	kg/m ²
Módulo de fineza	3,20	

AGREGADO GRUESO		
Peso específico	2,73	kg/m ³
Perfil	Angular	
Porcentaje de absorción (%)	0,633	%
Contenido de humedad (%)	0,25	%
Peso unitario suelto	1,45	kg/m ²
Peso unitario compactado	1,557	kg/m ²
T.M.N. (NTP)	3/8"	
Módulo de fineza	7,746	

1.- selección de resistencia promedio

selección de resistencia promedio partir de la resistencia en compresión especificado y la desviación estandar

Resistencia especificada a la compresión, kg/cm ²	Resistencia promedio requerida a la compresión, kg/cm ²
$f_c < 210$	$f_{cr} = f_c + 70$
$210 \leq f_c \leq 350$	$f_{cr} = f_c + 81$
$f_c > 350$	$f_{cr} = f_c + 98$

Fuente: Enrique Rivva Lopez "Diseño de Mezclas"

Para resistencia a la compresión de:

$f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$
 $f_{cr} = f_c$
 $f_{cr} = 320 \text{ kg/cm}^2$ Sin factor

2.- Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado

TMN = 3/8"

3.- Selección del Asentamiento

Slump: 0" a 2" consistencia Seca



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFFE



4.- Selección de volumen unitario de agua de diseño

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto necesaria para obtener el asentamiento deseado o slump, depende del tamaño máximo, perfil, textura y granulometría de los agregados; así como de la cantidad de aire incorporado, no siendo apreciablemente afectada por la cantidad de cemento. El volumen de agua por m³. Agua en litros/m³ para TNM de agregados y consistencia indicada.

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA								
Slump	Agua en lt/m ³ para los tamaños máximo nominal de agregado grueso.							
1" = 25 mm	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
concretos sin aire incorporado								
1 a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
% de aire atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
concretos 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	---
% de Aire incorporado en función de grado de exposición								
Normal	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Moderada	8	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Extrema	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas"

Para el diseño el agua seleccionada:

Agua: 207 lt/m³

5.- Selección del contenido de aire

Aire: 3 %

6.- Selección de la relación agua-cemento

Relación agua/cemento por resistencia para f_c.

RELACION AGUA / CEMENTO POR RESISTENCIA

f _c (28 días) kg/cm ²	Relación Agua - Cemento en peso.	
	Concretos Sin Aire Incorporado	Concretos Con Aire Incorporado
450	0,38	---
400	0,43	---
350	0,48	0,4
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas"

350 ----- 0,48
320 ----- X = 0,522
300 ----- 0,55



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAJO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



7.- Determinación del Factor Cemento

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado

Factor cemento =	Volumen unitario de diseño / Relación de agua / cemento para f'c
Factor cemento =	396,55 kg/m ³
Factor cemento =	9,33 Bol/m ³

8.- Contenido Del Agregado Grueso

Agregados esencialmente del mismo TMN y buena gradación producirán un concreto de satisfactoria trabajabilidad. Valores apropiados para este volumen de agregados se dan en la siguiente tabla, se puede ver que para igual trabajabilidad, el volumen de agregado grueso por m³ de concreto depende solamente del TMN y del Módulo de Fineza del agregado fino

CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO = (VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO DE LA TABLA) / (DISEÑUARIO SECLO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO) kg/m³

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO				
Tamaño máximo nominal del Agregado grueso (pulg)	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Enrique Rivva López "Diseño de Mezclas"

Determinación del agregado grueso					
3/8"	2,40	2,60	2,80	3,00	3,2
	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42

con el módulo de fineza del agregado fino de 3.20 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1", se encuentra un valor de 0.42 metros cúbicos de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen

peso de agregado grueso: 653,94 kg/m³

9.- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos del cemento, agua de diseño, aire, y agregado grueso

Cemento	396,55	kg
Agua	207,00	lt
Aire	3,00	kg
Peso A. grueso	653,94	kg

Cemento:	0,126	m ³
Agua:	0,207	m ³
Aire:	0,030	m ³
Agregado grueso:	0,240	m ³
Suma de volúmenes:	0,602	m ³



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYOS DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



10.- Determinacion del volumen absoluto del agregado fino

$$\text{volumen absoluto de agregado fino} = \frac{\text{peso seco}}{\text{densidad}} = \frac{1089,35}{320} = 3,404 \text{ m}^3$$

11.- Determinacion de pesos secos del agregado fino

$$\text{peso de agregado fino} = \text{volumen} \times \text{densidad} = 3,404 \times 320 = 1089,35 \text{ kg}$$

12.- Determinacion de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso

cemento	396,55 kg/m ³
agua	207,00 lt/m ³
agregado fino seco	1089,35 kg/m ³
agregado grueso seco	653,94 kg/m ³

13.- Correccion de los valores de diseño por humedad del agregado

Peso Humedo

$$\text{Peso seco} \times \left(\frac{\text{contenido de humedad}}{100} + 1 \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino} &= 1154,382 \text{ kg} \\ \text{Agregado grueso} &= 658,0794 \text{ kg} \end{aligned}$$

Peso superficial

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino} &= 4,31 \% \\ \text{Agregado grueso} &= -0,383 \% \end{aligned}$$

Aporte de Humedad

$$\left(\frac{\text{contenido de humedad} - \text{absorcion}}{100} \right) \times \text{agregado seco} / 100$$

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino} &= 46,951 \text{ lt/m}^3 \\ \text{Agregado grueso} &= -2,505 \text{ lt/m}^3 \\ \text{Aporte de agua} &= 44,446 \text{ lt/m}^3 \end{aligned}$$

Agua efectiva

$$\text{Agua} = \text{contenido de agua} - \text{aporte de agua}$$

$$\text{Agua} = 160,554 \text{ lt}$$

Peso del Material Corregido por Humedad

$$\begin{aligned} \text{cemento} &= 396,55 \text{ kg/cm}^3 \\ \text{agua efectiva} &= 160,554 \text{ kg/cm}^3 \\ \text{A. fino humedo} &= 1154,381609 \text{ kg/cm}^3 \\ \text{A. grueso humedo} &= 658,0794402 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$



15.- Proporcionamiento del diseño

Proporcionamiento del diseño seco

material	agregado fino	agregado grueso	agua
$\frac{\text{cemento}}{\text{cemento}}$	$\frac{\text{agregado fino}}{\text{cemento}}$	$\frac{\text{agregado grueso}}{\text{cemento}}$	$\frac{\text{agua}}{\text{factor cemento}}$
1,00	2,75	1,65	22,19



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE INVESTIGACION DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP

Universidad Nacional del Alto Tarma

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
$\frac{\text{cemento}}{\text{cemento}}$	$\frac{\text{agregado fino}}{\text{cemento}}$	$\frac{\text{agregado grueso}}{\text{cemento}}$	$\frac{\text{agua}}{\text{factor cemento}}$
1,00	2,91	1,66	17,21

16.- Pesos para una probeta

VOLUMEN = $L \times A \times H$

Donde:

L = 20 cm
H = 6 cm
A = 10 CM

VOLUMEN = 1200,000 cm³
VOLUMEN = 0,0012 m³

Cemento	≈	0,47586207	kg
Agua	≈	0,2484	lt
Agregado fino humedo	≈	1,38525793	kg
Agregado grueso humedo	≈	0,78969533	kg

17.- Mas 15 % desperdicio

Cemento	≈	0,54724138	kg
Agua	≈	0,28566	lt
Agregado fino humedo	≈	1,59304662	kg
Agregado grueso humedo	≈	0,90814963	kg

18.- para 27 ADOQUINES

Cemento	≈	14,7755172	kg
Agua	≈	7,71282	lt
Agregado fino humedo	≈	43,0122588	kg
Agregado grueso humedo	≈	24,5200399	kg

SUSTITUCION EN 15 % POR UNA COMBINACION DE CASCARA DE HUEVO Y VIDRIO MOLIDO EN UNA PROPORCION 3:1

CASCARA DE HUEVO = 11,25% = 1,662246 KG

VIDRIO MOLIDO = 3,75% = 0,554082 KG

SUSTITUCION EN 15 % POR UNA COMBINACION DE CASCARA DE HUEVO Y VIDRIO MOLIDO EN UNA PROPORCION 3:1

CASCARA DE HUEVO = 22,50% = 3,324491 KG

VIDRIO MOLIDO = 7,50% = 1,108164 KG



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

PROYECTO:	RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F'c = 320 KG/CM ² . SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 15% Y 30% POR UNA COMBINACION DE CASCARA DE HUEVO Y VIDRIO MOLIDO
DISEÑO F'c:	320 Kg/cm ²
ASESOR:	ING. DANTE SALAZAR SANCHEZ
RESPONSABLE:	VICTOR R. JAIMES ACUÑA

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD

DESCRIPCION	FECHA DEL MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	PESO (Kg)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA PROM. (Kg/cm ²)	% DE RESISTENCIA
0% - Sustitucion	30/07/2018	06/08/2018	7	2.60	72080	360.40	323,92	101,22%
	30/07/2018	06/08/2018	7	2.63	60060	300.30		
	30/07/2018	06/08/2018	7	2.62	62210	311.05		
15% - Sustitucion	30/07/2018	06/08/2018	7	2.62	67400	337.00	334,68	104,59%
	30/07/2018	06/08/2018	7	2.62	66260	331.30		
	30/07/2018	06/08/2018	7	2.60	67150	335.75		
30% - Sustitucion	30/07/2018	06/08/2018	7	2.65	58570	292.85	294,00	91,88%
	30/07/2018	06/08/2018	7	2.61	57820	289.10		
	30/07/2018	06/08/2018	7	2.59	60010	300.05		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

PROYECTO:	RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F'C =320 KG/CM2, SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 15% Y 30% POR UNA COMBINACION DE CASCARA DE HUEVO Y VIDRIO MOLIDO
DISEÑO F'C:	320 Kg/cm2
ASESOR:	ING. DANTE SALAZAR SANCHEZ
RESPONSABLE:	VICTOR R. JAIMES ACUÑA

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD

DESCRIPCION	FECHA DEL MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	PESO (Kg)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROM. (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA
0% - Sustitucion	30/07/2018	13/08/2018	14	2,60	68780	343,90	343,13	107,23%
	30/07/2018	13/08/2018	14	2,63	68100	340,50		
	30/07/2018	13/08/2018	14	2,59	69000	345,00		
15% - Sustitucion	30/07/2018	13/08/2018	14	2,62	71330	356,65	355,47	111,08%
	30/07/2018	13/08/2018	14	2,62	71220	356,10		
	30/07/2018	13/08/2018	14	2,60	70730	353,65		
30% - Sustitucion	30/07/2018	13/08/2018	14	2,65	61000	305,00	307,42	96,07%
	30/07/2018	13/08/2018	14	2,61	59860	299,30		
	30/07/2018	13/08/2018	14	2,59	63590	317,95		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

PROYECTO:	RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO F'C =320 KG/CM2, SUSTITUYENDO EL CEMENTO EN 15% Y 30% POR UNA COMBINACION DE CASCARA DE HUEVO Y VIDRIO MOLIDO
DISEÑO F'C:	320 Kg/cm2
ASESOR:	ING. DANTE SALAZAR SANCHEZ
RESPONSABLE:	VICTOR R. JAIMES ACUÑA

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD

DESCRIPCION	FECHA DEL MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	PESO (Kg)	FUERZA (Kg)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROM. (Kg/cm2)	% DE RESISTENCIA
0% - Sustitucion	30/07/2018	27/08/2018	28	2,55	73730	368,65	350,28	109,46%
	30/07/2018	27/08/2018	28	2,63	67130	335,65		
	30/07/2018	27/08/2018	28	2,59	69310	346,55		
15% - Sustitucion	30/07/2018	27/08/2018	28	2,62	72610	363,05	361,50	112,97%
	30/07/2018	27/08/2018	28	2,58	72230	361,15		
	30/07/2018	27/08/2018	28	2,58	72060	360,30		
30% - Sustitucion	30/07/2018	27/08/2018	28	2,65	65030	325,15	325,18	101,62%
	30/07/2018	27/08/2018	28	2,61	64080	320,40		
	30/07/2018	27/08/2018	28	2,58	66000	330,00		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE