



UNIVERSIDAD NACIONAL

PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

**Fabricación de concreto normal empleando piedra pómez como
sustituyente del cemento**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Montalvo Zavaleta, César Humberto

Solis Prado, Roy Lew

Asesor:

Dr. Ing. Mondragón Castañeda, Carlos Ernesto

Lambayeque – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL

PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

**Fabricación de concreto normal empleando piedra pómez como
sustituyente del cemento**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Aprobado por los miembros de jurado:

Dr. Ing. Farías Feijoo, Juan Hermán

Presidente

Mg. Ing. Huangal Castañeda, Nelson Enrique

Secretario

Ing. Cachay Silva, Roberto Carlos

Vocal

Lambayeque – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL

PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

**Fabricación de concreto normal empleando piedra pómez como
sustituyente del cemento**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Montalvo Zavaleta, César Humberto

Autor

Solis Prado, Roy Lew

Autor

Dr. Ing. Mondragón Castañeda, Carlos Ernesto

Asesor

Lambayeque – Perú

2023

DEDICATORIA

Roy Lew Solis Prado

Bach. Ingeniería Civil

A mi Madre: Violeta Prado Barrantes, que siempre se esforzó y se dedicó a forjarme en el camino del conocimiento, por el amor y la constancia dedicada a ello, por las vicisitudes a lo largo de su vida, por depositar su confianza en mí y, aunque ahora ya no esté a mi lado, siempre estará presente.

A mi Padre: Guzmaro Solis Quiroz, a su memoria.

Cesar Humberto Montalvo Zavaleta

Bach. Ingeniería Civil

A mi Madre: María Angélica Zavaleta Manay, porque siempre estás a mi lado, ayudándome en todo, por sacarme adelante a pesar de las dificultades, porque siempre me has dado todo y cada cosa que he necesitado. Tus enseñanzas están presentes cada día, por eso y por más, para mí tu amor es invaluable.

A mi Padre: José María Humberto Montalvo Monteza, que me enseñó que los sueños siempre se alcanzan, porque todos los valores que me enseñaste siempre me han servido, porque te esfuerzas y das lo mejor de ti por el bien de la familia, porque para ti, tus hijos siempre serán lo más importante.

AGRADECIMIENTO

Roy Lew Solis Prado

Bach. Ingeniería Civil

A mi madre, a mi hermano Carlos, a mis hermanos de vida: Elisa, Víctor y Eduardo, a mi abuelo Porfirio, a mis tíos, a mi novia Estefany Remotti, por estar presentes, por alentarme, por su preocupación durante y después de esta etapa, por su amor y tiempo.

Cesar Humberto Montalvo Zavaleta

Bach. Ingeniería Civil

A Dios, por darme una grandiosa familia, **a mis padres** por apoyarme siempre, **a mis hermanos: Jorge, Max, Martín y Baggio,** por sus consejos que ayudaron a mi formación como profesional, **a mi esposa Laura,** quien me apoyó y me animó para seguir, cuando parecía que no podía continuar.

RESUMEN

En la presente tesis de investigación experimental denominada: **“Fabricación de Concreto Normal Utilizando Piedra Pómez como Sustituyente del Cemento”**, se utilizará Concreto de tal manera que, incorporará a sus componentes partículas de la Piedra Pómez molida para mejorar sus propiedades mecánicas y químicas del Concreto. Así también como Concreto hecho a bases de sus componentes comunes, para así poder hacer una comparación de los resultados obtenidos de la Resistencia a la Compresión.

Para cumplir con este objetivo es necesario moler y dejar en polvo la denominada Piedra Pómez, la cual se caracteriza por tener propiedades puzolánicas.

Una vez obtenida la piedra, y después de molida, se procederá a tamizar, llegando a pasar a través del tamiz N° 200, y así asegurar que la piedra cumpla con las exigencias para la realización de este proyecto.

El proceso consistió en quitar porcentajes de cemento (10%, 20%, 30%, 40%) y reemplazarlo con puzolana (Piedra Pómez molida), y comparar su Resistencia a la Compresión con Concreto elaborado con 100% de cemento.

Se elaboró 8 probetas por cada edad de rotura y por cada porcentaje estimado, obteniendo así valores que se acercan a resultados más óptimos.

Se fabricó 105 probetas con porcentaje de puzolana y sin puzolana, las cuales fueron ensayadas y comparadas a los 7, 14 y 28 días de curado, y así se determinó la resistencia alcanzada por cada una de ellas.

ABSTRACT

In this experimental research thesis called: "Manufacture of Normal Concrete Using Pumice Stone as a Substitute for Cement", Concrete will be used in such a way that it will incorporate ground pumice stone particles into its components to improve its mechanical and chemical properties of the Concrete. As well as, Concrete made based on its common components, in order to make a comparison of the results obtained from the Compressive Strength.

To meet this objective, it is necessary to grind and pulverize the so-called Pumice Stone, which is characterized by having pozzolanic properties.

Once the stone has been obtained, and after it has been ground, it will be sifted, passing through the No. 200 sieve, and thus ensuring that the stone meets the requirements for carrying out this project.

The process consisted of removing percentages of cement (10%, 20%, 30%, 40%) and replacing it with pozzolana (ground Pumice Stone), and comparing its Compressive Strength with Concrete made with 100% cement.

8 specimens were made for each breakage age and for each estimated percentage, thus obtaining values that are close to more optimal results.

105 specimens were manufactured with percentage of pozzolan and without pozzolan, which were tested and compared at 7, 14 and 28 days of curing, and thus the resistance reached by each of them was determined.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
<u>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</u>	15
<u>Introducción</u>	15
<u>Antecedentes</u>	15
<u>Antecedentes Internacionales</u>	15
<u>Antecedentes Nacionales</u>	17
<u>Justificación del proyecto</u>	19
<u>Problemática Existente</u>	19
<u>Objetivos del Proyecto</u>	20
<u>Objetivo General</u>	20
<u>Objetivos Específicos</u>	20
<u>CAPÍTULO II: DEFINICIONES</u>	22
<u>Puzolana</u>	22
<u>Piedra pómez</u>	22
<u>Definición</u>	22
<u>Composición Química</u>	23
<u>Propiedades Físicas</u>	24
<u>Concreto</u>	25
<u>Concreto Normal</u>	25
<u>Cemento</u>	26
<u>Clasificación y Uso</u>	27
<u>Agua</u>	27
<u>Agua para Curado</u>	28
<u>Agregados</u>	28
<u>Agregado Fino</u>	29

<u>Agua Grueso</u>	29
<u>Resistencia a la Compresión</u>	30
<u>Prueba de Resistencia a la Compresión</u>	30
<u>Cálculo</u>	33
<u>CAPÍTULO III: METODOLOGIA</u>	36
<u>Tipo y Diseño de Investigación</u>	36
<u>Variables, Operacionalización</u>	36
<u>Población y Muestra</u>	37
<u>Técnicas e Instrumentos de Investigación</u>	38
<u>Procedimiento</u>	39
<u>Materia Prima</u>	41
<u>Agregados</u>	41
<u>Piedra Pómez</u>	42
<u>Caracterización de Agregados</u>	44
<u>Análisis Granulométrico</u>	44
<u>Contenido de Humedad</u>	44
<u>Peso Unitario Suelto y Varillado</u>	44
<u>Peso Específico y Grado de Absorción del Agregado Grueso</u>	44
<u>Peso Específico y Grado de Absorción del Agregado Fino</u>	44
<u>Ensayos del Concreto Fresco</u>	44
<u>Peso Unitario</u>	44
<u>Asentamiento</u>	44
<u>Ensayos del Concreto Endurecido</u>	44
<u>Resistencia a la Compresión</u>	44
<u>Preparación de Piedra Pómez</u>	44
<u>Acarreo y Transporte</u>	44
<u>Lavado</u>	44
<u>Molienda y Tamizado</u>	45
<u>Análisis de Datos</u>	45
<u>Método e Instrumento</u>	45

<u>Procedimiento de Datos</u>	46
<u>Criterios de Rigor Científico</u>	46
<u>Diseño de Mezcla, Elaboración y Rotura de Probetas</u>	47
<u>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</u>	49
<u>Caracterización de materiales</u>	49
<u>Ensayo del Concreto Fresco</u>	49
<u>Ensayo del Concreto Endurecido-Resistencia del Concreto</u>	49
<u>Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón</u>	49
<u>Resistencia a la Compresión con % de Piedra Pómez</u>	50
<u>CAPÍTULO V: FACTIBILIDAD ECONOMICA</u>	58
<u>Análisis de Costos Unitarios</u>	58
<u>Expresión de Comparación</u>	60
<u>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES</u>	61
<u>CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES</u>	62
<u>CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS</u>	63
<u>APENDICE A: DISEÑO DE MEZCLA</u>	67
<u>APENDICE B: ENSAYOS</u>	71
<u>Análisis Granulométrico</u>	71
<u>Contenido de Humedad</u>	74
<u>Peso Unitario Suelto</u>	74
<u>Peso Unitario Varillado</u>	75
<u>Peso Específico</u>	76
<u>Grado de Absorción</u>	77
<u>Ensayos del Concreto Fresco</u>	78
<u>Peso Unitario</u>	78

<u>Asentamiento</u>	79
<u>Ensayos del Concreto Endurecido</u>	79
<u>Resistencia a la Compresión</u>	79
<u>APENDICE C: REGISTRO DE FOTOS</u>	81
<u>ANEXO: NORMAS TECNICAS PERUANAS</u>	112
<u>NTP 400.012: Análisis Granulométrico</u>	112
<u>NTP 339.185: Contenido de Humedad</u>	113
<u>NTP 400.017: Peso Unitario de los Materiales</u>	114
<u>NTP 400.021: Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso</u>	115
<u>NTP 400.022: Peso Específico y Absorción del Agregado Fino</u>	116
<u>NTP 339.183: Testigos de Concreto</u>	117
<u>NTP 339.046: Peso Unitario del Concreto</u>	118
<u>NTP 339.035: Asentamiento del Concreto</u>	119
<u>NTP 339.034: Resistencia a la Compresión del Concreto</u>	120

INDICE DE TABLAS

<u>Tabla 1:</u> Composición química de la piedra pómez	24
<u>Tabla 2:</u> Edades de ensayos y tolerancias permisibles.....	31
<u>Tabla 3:</u> Factores de corrección	34
<u>Tabla 4:</u> Variables y su operacionalización	37
<u>Tabla 5:</u> Población y muestra	38
<u>Tabla 6:</u> Proporción de diseño de mezcla $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	48
<u>Tabla 7:</u> Resistencia a la compresión del concreto patrón	49
<u>Tabla 8:</u> Resistencia ($f'c$) con porcentajes de piedra pómez	50
<u>Tabla 9:</u> Porcentajes con respecto al concreto patrón	50
<u>Tabla 10:</u> Análisis de costo unitario del concreto patrón	58
<u>Tabla 11:</u> Análisis de costo unitario con 10% de piedra pómez	59
<u>Tabla 12:</u> Análisis de costo unitario con 20% de piedra pómez	59
<u>Tabla 13:</u> Análisis de costo unitario con 30% de piedra pómez	59
<u>Tabla 14:</u> Análisis de costo unitario con 40% de piedra pómez	60
<u>Tabla B1:</u> Cont. de humedad de agregados y piedra pómez	74
<u>Tabla B2:</u> Peso unitario suelto del agregado fino y agregado grueso	74
<u>Tabla B3:</u> Peso unitario suelto de la piedra pómez	75
<u>Tabla B4:</u> Peso unitario varillado del agregado fino y agregado grueso	75
<u>Tabla B5:</u> Peso unitario varillado de la piedra pómez	76
<u>Tabla B6:</u> Peso específico del agregado fino y agregado grueso	76

<u>Tabla B7: Peso específico de la piedra pómez</u>	77
<u>Tabla B8: Grado de absorción del agregado fino, agregado grueso y</u> <u>piedra pómez</u>	77
<u>Tabla B9: Peso unitario del concreto fresco</u>	78
<u>Tabla B10: Asentamiento del concreto fresco</u>	79
<u>Tabla B11: Resistencia a la compresión del concreto patrón</u>	79
<u>Tabla B12: Resistencia a la compresión con piedra pómez</u>	80

INDICE DE FIGURAS

<u>Figura 1: Aplicación de Carga</u>	32
<u>Figura 2: Esquema de los tipos de falla</u>	33
<u>Figura 3: Cálculo de resistencia a la compresión</u>	34
<u>Figura 4: Procedimiento de la investigación</u>	40
<u>Figura 5: Cantera La Victoria</u>	41
<u>Figura 6: Cantera Tres Tomas</u>	42
<u>Figura 7: Ruta de Chiclayo a Pimentel</u>	43
<u>Figura 8: Playa de Pimentel</u>	43
<u>Figura 9: Procedimiento - análisis de los datos</u>	46
<u>Figura 10: Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con piedra pómez a los 7 días</u>	51
<u>Figura 11: Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con piedra pómez a los 14 días</u>	52
<u>Figura 12: Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con piedra pómez a los 28 días</u>	53
<u>Figura 13: Comparación de resistencias a la compresión a los 7 días</u>	54
<u>Figura 14: Comparación de resistencias a la compresión a los 14 días</u>	55
<u>Figura 15: Comparación de resistencias a la compresión a los 28 días</u>	56
<u>Figura 16: Comparación de resistencias – días</u>	57
<u>Figura C1: Extracción de la muestra</u>	81
<u>Figura C2: Muestra de Piedra Pumita</u>	81
<u>Figura C3: Chancado de la piedra pómez</u>	82

<u>Figura C4: Lavado y secado de la piedra pómez</u>	83
<u>Figura C5: Molienda de la piedra pómez en la máquina de los ángeles</u>	84
<u>Figura C6: Molienda manual de la piedra pómez</u>	85
<u>Figura C7: Molienda manual de la piedra pómez</u>	86
<u>Figura C8: Piedra pómez molida</u>	86
<u>Figura C9: Piedra pómez molida que pasa la malla n°200</u>	87
<u>Figura C10: Peso del agregado grueso para mezcla</u>	88
<u>Figura C11: Agregado fino y agregado grueso</u>	88
<u>Figura C12: Peso de agregados</u>	89
<u>Figura C13: Peso del recipiente para ensayos</u>	90
<u>Figura C14: Agregado fino – análisis granulométrico</u>	90
<u>Figura C15: Piedra pómez – análisis granulométrico</u>	91
<u>Figura C16: Peso de la piedra pómez molida – contenido de humedad</u>	92
<u>Figura C17: Agregado grueso – peso unitario varillado</u>	92
<u>Figura C18: Arena gruesa – peso unitario suelto</u>	93
<u>Figura C19: Muestra con agregado fino – peso específico</u>	93
<u>Figura C20: Agregado grueso – peso específico</u>	94
<u>Figura C21: Piedra pómez molida llevado al horno – peso específico</u>	95
<u>Figura C22: Piedra pómez saturada – peso específico</u>	95
<u>Figura C23: Piedra pómez saturada – peso específico</u>	96

<u>Figura C24: Piedra pómez saturada – peso específico</u>	97
<u>Figura C25: Muestra del agregado fino – grado de absorción</u>	97
<u>Figura C26: Agregado fino – grado de absorción</u>	98
<u>Figura C27: Agregado fino – grado de absorción</u>	99
<u>Figura C28: Piedra pómez saturada – grado de absorción</u>	100
<u>Figura C29: Piedra pómez saturada – grado de absorción</u>	101
<u>Figura C30: Utilización de la mezcladora</u>	101
<u>Figura C31: Moldes limpios y listos para colocar muestras</u>	102
<u>Figura C32: Vaciado de mezcla al molde cilíndrico</u>	103
<u>Figura C33: Realización de testigos de concreto</u>	103
<u>Figura C34: Realización de testigos de concreto</u>	104
<u>Figura C35: Desencofrado de probetas cilíndricas</u>	105
<u>Figura C36: Curado de testigos</u>	106
<u>Figura C37: Prensa para compresión de concreto</u>	107
<u>Figura C38: Probetas preparadas para ensayo en prensa</u>	107
<u>Figura C39: Probetas preparadas para ensayo en prensa</u>	108
<u>Figura C40: Probeta en prensa para compresión</u>	108
<u>Figura C41: Rotura de probetas</u>	109
<u>Figura C42: Rotura de probetas</u>	110
<u>Figura C43: Rotura de probeta durante ensayo de compresión de concreto</u>	111

Capítulo I. Generalidades

Introducción

Existe materia prima como la piedra pómez (pumita o pumicita) que, teniendo propiedades puzolánicas, de bajo costo, encontrándose y produciéndose en grandes cantidades en muchas partes del país, especialmente en la parte sur, se podría emplear en las distintas mezclas, ya sea como material cementante o agregado, debido a sus propiedades físicas y mecánicas.

En la actualidad los concretos tradicionales se ven afectados en su durabilidad, resistencia, y más propiedades debido a la presencia de agentes químicos y externos, que para contrarrestarlos se utilizan diferentes tipos de aditivos, los que encarecen el costo de fabricación del concreto, por lo que muchos no pueden tener acceso a ello debido a que no cuentan con un presupuesto adicional.

Se busca determinar si es posible que el concreto fabricado con puzolana (piedra pómez) alcance la resistencia requerida que se alcanzaría con la fabricación de concreto con sus componentes normales, utilizando diferentes porcentajes de puzolana y ensayando las probetas a diferentes edades.

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

En Ecuador, han realizado estudios incorporando la piedra pómez en la fabricación de concretos livianos para paneles prefabricados no estructurales donde los resultados son favorables con respecto a la resistencia de la misma.

Rio Bamba, Ecuador, la Universidad Nacional de Chimborazo ha investigado la incorporación de la piedra pómez en la fabricación de ladrillos, en la tesis titulada “Elaboración de un sustituto del ladrillo de barro, por uno elaborado en piedra pómez y masilla de cemento” y las conclusiones a las que han llegado son que según los resultados de la experiencia que han realizado, se logra un material homogéneo y estandarizado utilizando la piedra pómez para realizar ladrillos de hormigón ligero, y al estar hecho por materiales alternativos que no causan mayor impacto ambiental, se puede tener un precio más regular y no influirá en el precio de la vivienda, Brito (2010).

Cañarte (2016), investigó sobre el “Estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural”, en la Universidad de Guayaquil – Ecuador. El fin es lograr una cuenta cuantificada del incremento del esfuerzo a compresión utilizando piedra pómez en la preparación de hormigón ligero, reconociendo las propiedades adecuadas para nuestra investigación según las dimensiones diseñadas, utilizando dos tamaños definidos: el tamaño medio, 76 mm, el tamaño máximo tamaño - denominado espesor 9,51 mm, como agregado liviano para la creación de estructuras, motivo por el cual se realizará planes de durabilidad en las estructuras. El estudio concluyó lo siguiente:

La piedra pómez debe tener varios procesos de control de calidad para obtener el tamaño de grano óptimo para la producción de concreto liviano estructural, el cual comienza con el proceso de adquisición del material (minería a cielo abierto). , luego se hace un tamizado en el laboratorio para que las piedras de tamaño indeseable se retengan y se laven para eliminar de tal forma las partículas arcillosas así como las materias extrañas y/o dañinas en base a su gradación y calidad deseadas; esto requiere volver a extruir el material para lograr la escala conforme a la prueba.

El concreto liviano no desarrolló grietas por retracción plástica desde el curado con piedra pómez hasta las 2 horas de pelado, lo que puede deberse a que las piezas cilíndricas de concreto estuvieron en un estricto control bajo temperaturas: ± 2 °C.

La piedra pumicita retiene agua incluso pasadas las 2 horas de saturación cuando se sumerge en agua.

Antecedentes Nacionales

Alayo y Polo (2019), realizaron la tesis titulada: “Influencia del porcentaje de piedra pómez sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos, Trujillo-2019”, en la Universidad Privada del Norte – Perú. La meta principal es estudiar el esfuerzo de compresión del hormigón mediante la adición de pumicita en su formación. Esto requiere diseñar mezclas y preparar muestras de concreto en las que se reemplace los áridos gruesos por piedra pumicita para conseguir una baja densidad con buena resistencia a la compresión. Del estudio se concluyó:

Se analizó el esfuerzo a compresión del hormigón añadiendo pumicita en sustitución del árido grueso, para así conseguir un hormigón ligero, esto se expresa como una baja densidad del hormigón en su estado, cuanto mayor la dosis de piedra pómez que se sustituya por árido convencional, menor densidad.

Se encontró que el mejor porcentaje para reemplazar los áridos gruesos, debido a los beneficios que este otorgó al concreto, es del 10% de piedra pómez.

Además, se aseguró que al incrementar la proporción de pumicita reemplazando a los áridos gruesos, se consigue una densidad menor.

Bedoya (2018), investigó sobre: “*Influencia del método de madurez en la resistencia del concreto para un $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Huancavelica*”, en la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú. El trabajo consiste en medir los efectos del método sobre los esfuerzos axiales a compresión del concreto de $f'c = 210$ kg/cm². El estudio arrojó la información a continuación:

Se logró elevadas resistencias según el agregado grueso empleado, donde en comparación, predominó la piedra triturada, indicándonos disparidad en la resistencia promedio de 18.55 kg/cm² (8.83 %) usando aditivos en su endurecimiento y, para endurecimiento con 18 kg/cm² (8.57%) de agua, una significación de 0.034 y 0.04 respectivamente. Esto concluye: de acuerdo a lo tipos de agregados gruesos empleados, afectan sustancialmente la resistencia y durabilidad de las mezclas de concreto por el método de madurez.

Según las diferentes formas de hidratación para el fraguado, se obtuvo resistencias elevadas, dominando el curado; adicionando agua, con desigualdad en sus resistencias promedio de 2.19 kg/cm² (1.04 %) y 2.74 kg/cm² (1.31%) al usar agregado formado por árido triturado, a través de una connotación de 0,002143 y 0,002052. Lo que se concluye que según el empleo de un determinado curado afecta de diversas maneras la resistencia (a través del método de madurez) en el concreto.

Asimismo, encontrándose que los esfuerzos de compresión incrementan con el aumento de la temperatura y viceversa, porque la resistencia y la temperatura promedio del agregado crudo y el agregado curado con agua son 18.28 kg/cm² (9.95 °C) y 22 kg/cm² (10.63 °C) respectivamente, los agregados de gradación gruesa tienen promedios de: resistencias; 24.71 kg/cm², 20.88 kg/cm², temperaturas; 11.73 °C, 11.17 °C, y 3.86 E-36 promedio para agregado tipo y piedra redonda endurecida aditiva; 1. 43 E-37; 2.9 E-33 y 4.62 E-34.

Justificación del Proyecto

La investigación realizada de este proyecto tiene lugar por la falta de un estudio adecuado en la fabricación del concreto para mejoras de sus propiedades físicas y mecánicas sin alterar su costo de fabricación, incorporando un componente como la piedra pómez que permita sustituir en parte la cantidad de cemento sin alterar sus propiedades, aprovechando los materiales de la zona y especialmente esta materia prima que tiene propiedades puzolánicas y es de bajo costo, además tratándose de una piedra volcánica que se puede obtener en abundancia, debido a que nos encontramos en la región de la costa, la cual se distingue por las diferentes playas, de las cuales se pueden obtener dicha materia prima.

Por lo tanto, se podrá obtener un concreto más económico, lográndose así beneficiar a la población, especialmente aquellos de bajos recursos económicos que necesitan habitar en una edificación segura y durable, y a la vez accesible a sus posibilidades económicas.

Problemática Existente

Existe en la actualidad concretos tradicionales que, para tener una mejor durabilidad, se incorporan aditivos, los que encarecen el costo de su fabricación, por lo que muchos de la población no pueden tener acceso a ello, debido a que no contarían con un presupuesto adicional.

Así mismo, en gran medida, la población construye sus viviendas con material rústico, debido a que estos son más económicos, poniendo en peligro la seguridad de los usuarios, que como se tiene conocimiento, no son adecuados para contrarrestar los fenómenos sísmicos.

Ante ello, se busca determinar si es posible que en la fabricación de concreto normal se pueda utilizar piedra pómez como material cementante, se alcance la resistencia deseada que se

alcanzaría con la fabricación de concreto con sus componentes normales, evaluar además su costo y por ende accesibilidad a toda la población.

Objetivos del Proyecto

Objetivo General

Realizar una tesis de investigación respecto a la Fabricación de Concreto Normal Utilizando Piedra Pómez como Sustituyente del Cemento.

Objetivos Específicos

- Sustituir al cemento en la dosificación de concreto en cantidades de 10%, 20%, 30% y 40% de piedra pómez.
- Realizar 96 probetas para los concretos con porcentajes de piedra pómez ensayados a 7, 14 y 28 días.
- Comparar el concreto con el 100% de cemento (concreto patrón) vs concreto a distintos porcentajes de piedra pómez que sustituirán al cemento.
- Comparar los resultados de las resistencias obtenidas de los concretos elaborados.
- Comprobar que la piedra pómez podría utilizarse como material para elaborar concreto.
- Evaluar los efectos de la piedra pómez como material incorporado en la fabricación del concreto.
- Evaluar las propiedades del concreto tradicional en sus estados; fresco y endurecido, con las de un concreto con incorporación de piedra pómez como es:

a) Estado Fresco:

1. Peso Unitario.
2. Asentamiento

b) Estado Endurecido:

1. Resistencia a la Compresión.

Capítulo II. Definiciones

Puzolana

La ASTM C-618 (como se citó en Salazar, 2004) define a las puzolanas como materiales silíceos o aluminosos, los cuales, por sí solos poseen poca o ninguna actividad hidráulica (propiedad cementante), no obstante, en presencia de agua y en reacción con hidróxido de calcio a temperatura ambiente, se forma compuestos con propiedades cementantes.

Otros autores informan lo siguiente:

Estos materiales suelen tener elevados índices de SiO₂ y en ocasiones Al₂O₃. Por lo general, la baja cristalinidad es definida por su vidriada estructura. En distintos casos contienen diferentes proporciones de minerales inactivos como cuarzo, feldespato, magnetita, etc. Otros contienen materia orgánica o arcilla, que pueden afectar el fraguado y endurecimiento del cemento.

Las puzolanas, llegan a reacción con los productos del cemento Portland, indistintamente de su clasificación, especialmente portlandita, formando así compuestos insolubles que aumentan en resistencia y durabilidad del aglomerado. No obstante, su principal efecto es su papel como ligante, la aplicación de puzolanas podría dar lugar a una variedad de beneficios en la mezcla. (Salazar, 2004, p. 75)

Piedra Pómez

Definición

La Piedra Pómez, como define Gallegos (2015):

También conocida como piedra pómez, es una roca ígnea volcánica vítrea de baja

densidad y alta porosidad, de color blanco o gris. A medida que la lava estalla en el aire durante la formación, sufre una severa descompresión, lo que resulta en el escape de gas, dejando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico.

Su textura es rugosa y su forma puede ser angular o redonda. Los tamaños de grano natural varían desde muy fino, arenoso hasta una pulgada o más de diámetro.

(p. 16)

También conocido como puzolana, es un ingrediente económico e importante en la producción de cemento portland porque aumenta la resistencia química (resistencia al ataque de agua limpia, carbonatada, agresiva o ligeramente ácida). (p. 31)

Otros autores, como Martínez (2010) indican que este material es uno de los más antiguos que fueron utilizados para la construcción de estructuras más livianas, es explotada, lavada y usada, y cuando se requiera obtener una resistencia mayor, la piedra pómez deberá sintetizarse hasta el punto de fusión.

Según los autores, podemos entender que la piedra pómez, por estar dentro de la clasificación de las puzolanas, tiene la característica de ser un material cementante, es decir, que puede actuar con el cemento o, así como el objeto de esta investigación, reemplazar al cemento en cierto porcentaje, ya que por sí sola carece de propiedades aglomerantes.

Composición Química

La composición química de la piedra pómez es la siguiente:

Tabla 1*Composición química de la piedra pómez*

Componentes	Cantidad (%)
SiO ₂	71.00
Al ₂ O ₃	12.80
Fe ₂ O ₃	1.75
CaO	1.36
Na ₂ O	3.23
K ₂	3.83
H ₂ O	3.88

Nota. Adaptado de tesis: *Diseño de la mezcla de hormigón aliviano usando piedra pómez de Latacunga. Aplicación a la fabricación de paneles prefabricados no estructurales* (p.35), por Analía M. Gallegos Peñarreta, 2015.

En su composición química intervienen mayoritariamente: anhídrido silícico y alúmina, con porcentajes aproximados del orden de: 71% de SiO₂ y 12.80% de Al₂O₃.

Propiedades Físicas

Cañarte (2016), asegura que la formación química de la piedra pómez genera ciertas propiedades físicas, como son las siguientes:

- Aislante térmico y acústico.
- Relativamente refractaria es decir con elevada resistencia al fuego.
- Densidad aparente baja.

- Elevada porosidad, debido a su estructura permeable y fácil trituración.
- Baja reactividad química.
- Relativamente dura (p. 40).

Concreto

El concreto, se define en ASTM C-125 (como se citó en Salazar, 2004), está compuesto por una pasta, en donde las proporciones de agregados son embebidas, esta pasta consta de agua y cemento hidráulico, el concreto formado por cemento hidráulico es el más usado a nivel mundial. Además, el autor indica también que:

Los agregados que forman parte del concreto hidráulico, deben encontrarse en una proporción alrededor del 70% del volumen total del concreto. La pasta, que estará formada por cemento, agua, aire atrapado y aditivos, corresponderá al porcentaje restante del volumen del concreto.

La pasta es la que tiende a cambiar y, a convertirse de una mezcla fluida a una roca artificial dura y sólida, cambiando de un concreto plástico a un concreto endurecido, además siendo la pasta la que modifica las propiedades importantes del concreto endurecido.

El concreto puede ser diseñado con distintas propiedades que cumpla los requisitos exigidos para diversas aplicaciones y, a un costo económico.

El concreto puede llegar a fallar prematuramente si no se llega a cumplir los requisitos de diseño, se produce inadecuadamente, o en la puesta en servicio se expone a condiciones no esperadas. (p. 3)

Concreto Normal

Es el concreto que tiene una densidad (peso unitario) comprendida entre 2160 y 2560

kg/m³, sin embargo, por lo general se toman valores entre 2320 y 2400 kg/m³ (Comité ACI 318, 2019, p. 37).

Cemento

Según lo define Gallegos (2015), es un material en forma de polvo que no se aglomera por sí solo y al mezclarlo con agua se convierte en una pasta maleable hidratada con propiedades adherentes que endurece en pocas horas, convirtiéndose en un material pétreo.

Agregando que el cemento se compone principalmente de silicato de calcio hidratado (S-C-H), compuesto principal que le otorga las propiedades de adhesión. Se denomina cemento hidráulico, si el cemento formado como consecuencia de su hidratación es estable en condiciones de agua.

Además, se pueden agregar aditivos y adiciones (cantidades menores a 1% de la masa total del concreto) para cambiar algunas de sus propiedades y los hay de muchos tipos diferentes: tintes, acelerantes, retardadores, fluidificantes, impermeabilizantes, etc. (pp. 15-16).

Otros autores como Salazar (2004), definen:

El cemento Pórtland es el cemento hidráulico más importante. Se obtiene por la pulverización del clinker, que contiene esencialmente silicatos de calcio hidráulicos, generalmente mediante una molienda íntima con pequeñas cantidades de sulfato de calcio dihidratado (yeso) el cual se emplea para controlar las velocidades de reacción, el clinker se fabrica a temperatura elevada (1450 °C) en un horno al que se le introduce una mezcla molida y homogénea de minerales de origen natural (compuesta mayoritariamente por caliza y arcilla), que se transforma en nuevos minerales que tienen propiedades hidráulicas.

(p. 43)

Clasificación y Uso

De acuerdo a sus propiedades específicas, los cementos se clasifican, según el Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2020), a través de la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009, como sigue:

Tipo I: Uso general, que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.

Tipo II: Uso general y moderada: resistencia a los sulfatos y calor de hidratación.

Tipo III: Utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

Tipo IV: Empleado cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V: Utilizado cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Para nuestro diseño de mezcla, estaremos empleando Cemento Portland Tipo I, el cual fue adquirido en las ferreterías locales de la provincia de Lambayeque, cercanas a la ciudad universitaria UNPRG.

Agua

El agua es un elemento esencial para hidratar el cemento y desarrollar sus propiedades, por lo que debe ser limpia y evitar contener ciertas sustancias que pueden dañar el concreto, Gallegos (2010) indica que:

El agua de amasado interviene en las reacciones de hidratación del cemento. La cantidad de la misma debe ser la estricta necesaria, pues la sobrante que no interviene en la hidratación del cemento se evaporará y creará huecos en el hormigón disminuyendo la resistencia del mismo. Puede estimarse que cada litro de agua de amasado de exceso supone anular dos kilos de cemento en la mezcla. Sin embargo, una reducción excesiva de agua

originaría una mezcla seca, poco manejable y muy difícil de colocar en obra. Por ello es un dato muy importante fijar adecuadamente la cantidad de agua. (p. 16)

Según Martínez (2010), indica que “los agregados de peso normal comúnmente presentan absorciones de 1% a 2% de agua por peso del agregado seco, por lo que la cantidad de agua absorbida, para realizar una mezcla con concreto de peso normal, se ajusta fácilmente (p. 40).

Además, también asegura que cuanto mayor sea el contenido de agua en la mezcla, más fluido será el concreto y, aunque en la práctica, para mejorar la trabajabilidad, es habitual aumentar el contenido de agua, esto no es conveniente porque trae importantes consecuencias, como la disminución de su resistencia. En realidad, lo ideal es aumentar el contenido de agua conjuntamente con el de cemento, para así mantener la relación a/c (p. 65).

Agua para Curado

Sánchez (2001) menciona que el curado se puede definir como lo que se requiere para la hidratación continua de la pasta y, así el concreto logre alcanzar sus propiedades, las condiciones requeridas son la humedad y temperatura. Además, indica que el agua de curado es la hidratación adicional que necesita el concreto y, esta depende de las condiciones climáticas (humedad en el ambiente) (p. 59).

Agregados

Los agregados, tal como lo suscribe Salazar (2004): son materiales que forman el concreto cuando se mezclan con agua y cemento. Los áridos deben llenar la mayor parte del volumen de concreto utilizado en las construcciones convencionales, un 60-80%, por lo que sus propiedades influyen en los estados fresco y endurecido del concreto.

Además, indica que los agregados tienen importancia en la mezcla de diseño ya que aporta a obtener un concreto de buena calidad, puesto que sus propiedades físicas y térmicas aportan a ello, principalmente en la resistencia y durabilidad, estos materiales no deben ser quebradizos, débiles o laminados.

Agregado Fino

Bedoya (2018) define; la arena como material de construcción, es en su mayoría un material agregado de grano fino que se forma por la descomposición natural de piedras aluviales o producidas artificialmente, las cuales deben cumplir con requisitos de calidad, tamaño de grano y módulo de fineza.

Además, menciona que la arena gruesa se encuentra entre los tamaños de 2.5mm y 5mm de diámetro y, es utilizado en el diseño para el concreto empleado en columnas, losas, vigas, mortero, falso piso, etc., siendo su forma y tamaño influyentes en la calidad del concreto, donde las formas angulosas y superficies ásperas son adhieren mejor al concreto (pp. 12-14).

Para la investigación se utilizó agregado fino proveniente de la cantera “La Victoria”, las cuales contenían granos limpios, libres de sales, materia orgánica, u otras sustancias perjudiciales.

Agregado Grueso

Bedoya (2018), lo define como uno de los materiales más importantes en la composición del concreto, su calidad está normada y, guiarnos nos dará resultados favorables en la ejecución de estructuras de concreto.

Además, menciona a la piedra chancada, la cual se produce artificialmente, como las más precisas en su tamaño, por lo que es utilizada en el diseño para el concreto empleado en columnas, placas, losas, vigas, veredas, etc. (pp. 14-15).

Para la investigación se utilizó agregado grueso de $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " proveniente de la cantera "Tres Tomas", que contenían partículas limpias y libres de sustancias perjudiciales, las cuales son zarandeadas para su proceso de selección.

Resistencia a la Compresión

Sánchez (2001) redacta que; aún no existe una ley general que muestre el comportamiento de una estructura de concreto afectado por todos los esfuerzos que experimenta, sin embargo, la resistencia del concreto sigue siendo su principal característica, por lo que de ella también se estudian otras propiedades (p. 127).

Bedoya (2018) la define como la característica para soportar las tensiones que se le apliquen y, debe contar con materiales de diseño de calidad, para adquirir las resistencias establecidas en los proyectos, la resistencia del concreto también es influenciada por otros factores como la preparación, transporte, vibrado y curado (p.22).

Prueba de Resistencia a la Compresión

Según lo indica Sánchez (2001), es expresado mediante el esfuerzo (kg/cm^2) y, se mide a través de pruebas mecánicas no destructivas; miden la variación a través del tiempo y, destructivas como los testigos de cilindros (utilizados en esta investigación), siendo este último el más conocido (p. 138).

A través del INACAL (2015), los procedimientos descritos para este ensayo se encuentran contempladas en la NTP 339.034.

En este estudio trabajaremos con un diseño de mezcla para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, a edades de prueba de 7, 14 y 28 días y, el curado se dará con inmersión de las probetas en agua.

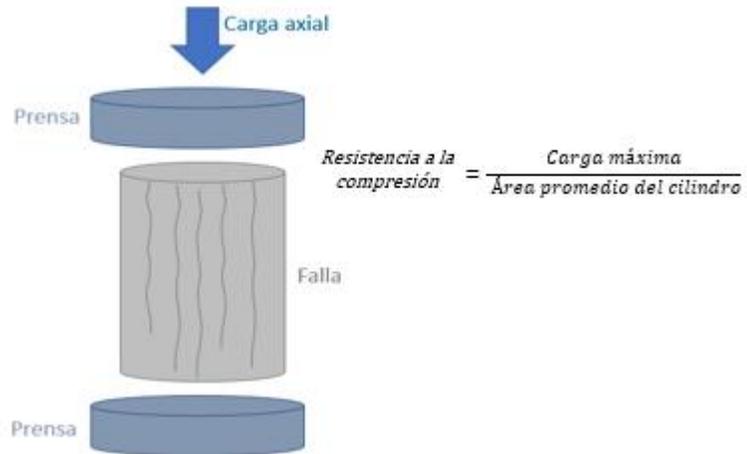
Tabla 2

Edades de ensayo y tolerancias permisibles

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24h	$\pm 0,5 \text{ h o } 2,1 \%$
3 d	$\pm 2 \text{ h o } 2,8 \%$
7 d	$\pm 6 \text{ h o } 3,6 \%$
28 d	$\pm 20 \text{ h o } 3,0 \%$
90 d	$\pm 48 \text{ h o } 2,2 \%$

Nota. Adaptado de *Norma Técnica Peruana 339.034* (p.12), por Instituto Nacional de Calidad, 2019.

Esta tabla nos muestra las tolerancias de los ensayos de resistencia a la compresión para distintas edades, respecto a la variación a través del tiempo y el porcentaje.

Figura 1*Aplicación de Carga*

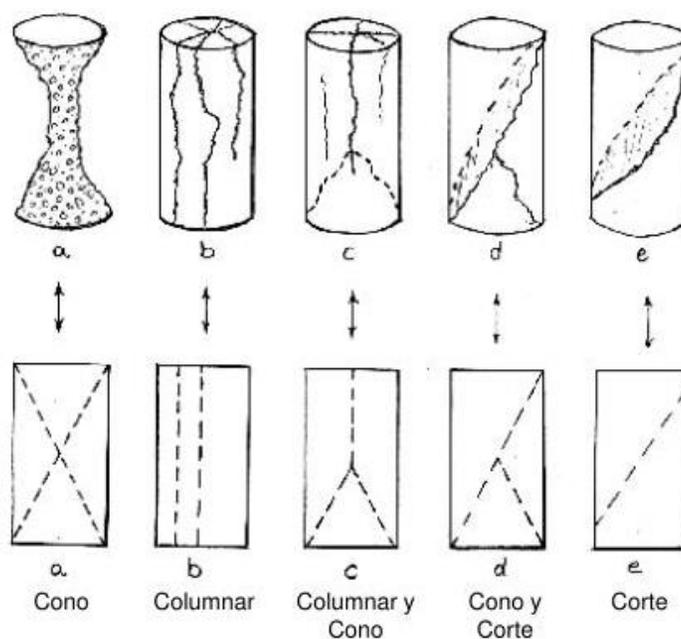
Nota. Adaptado de *Más allá de la resistencia a la compresión: calidad y propiedades del concreto en estado endurecido*, por Laura Carolina Lopera Agudelo, 2021

(<https://alio.com.co/calidad-y-propiedades-del-concreto/>). Obra de Dominio Público.

Observamos la representación del ensayo, en el cual al testigo de concreto se le aplica una carga axial, que continúa hasta generar un tipo de falla.

Figura 2

Esquema de los tipos de falla



Nota. Adaptado de *Laboratorio Tecnología del Hormigón*, por Sara Ojeda Herrera, 2014

(<https://www.slideserve.com/ingrid-fry/laboratorio-tecnologia-del-hormig-n>). Obra de Dominio Público.

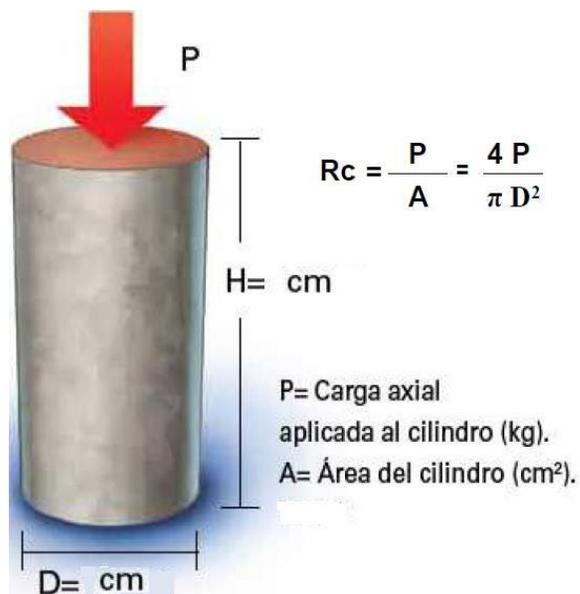
Se muestra las fallas aceptables para una rotura de cilindro de concreto, para su óptimo cálculo del ensayo de resistencia a la compresión.

Cálculo

Se indica en el INACAL (2015), mediante la NTP 339.034 que la resistencia es obtenida dividiendo la carga axial máxima aplicada en el testigo por el área de la sección transversal de este. Tal hecho se muestra en la Figura 3

Figura 3

Cálculo de resistencia a la compresión



Nota. Adaptado de “Control de calidad del concreto” (p. 34), por Cesar Cachay Lazo, 2015, Sencico Edificaciones.

Tabla 3

Factores de corrección

Relación $\frac{L}{D}$	Factor de Corrección
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

Nota. Adaptado de *Norma Técnica Peruana 339.034* (p.14), por Instituto Nacional de Calidad, 2019.

Mediante la NTP 339.034; si se obtiene una proporción entre longitud y diámetro del testigo de: 1.75 o menor, se corregirá utilizando el factor apropiado mostrado en la Tabla 3. Las relaciones con distinto valor se pueden obtener mediante la interpolación (INACAL, 2019, p.12).

Capítulo III. Metodología

Tipo y Diseño de Investigación

Este estudio contempla un tipo de investigación que de acuerdo al fin que se persigue, es de tipo aplicada, ya que según (Murillo, 2008) la investigación aplicada, también conocida como práctica o empírica, se basa en utilizar los conocimientos previos adquiridos y, depende de los resultados. Entiéndase que se realizarán ensayos de resistencia a la compresión para obtener sendos resultados, utilizando la ciencia aprendida.

Según la metodología de demostración de hipótesis, es un diseño experimental, debido que se manejará la resistencia f_c como variable dependiente, para obtener los valores de los ensayos producidos en el aula de materiales, esto, por cada variación de la variable independiente, comparando y, así determinar si al añadir porcentajes de piedra pómez molida mejora las propiedades en estudio. Tal como aclara Tamayo (2003) el experimento consiste en la manipulación de determinadas variables, en condiciones controladas, comparando sus características finales, para determinar su efecto y descubrir la causa de los acontecimientos (p. 47).

Variables, Operacionalización

Al realizarse este estudio algunas de las variables han sido manipuladas, mientras que otras, se han mantenido constantes durante todo el proceso de los ensayos.

A continuación, en la Tabla 5, se detalla cómo se operarían las variables:

Tabla 4*Variables y su operacionalización*

	Variable	Indicador	Unidad de medida	Técnica e instrumentos de recolección de datos
Variable independiente	Piedra Pómez	Peso en porcentajes de PIEDRA PÓMEZ en 10%, 20%, 30% y 40% del peso del cemento	Porcentaje en Peso (%)	Técnica: Observación Instrumentos: Normas Técnicas
Variable dependiente	Resistencia a la Compresión ($f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	Ensayo de Resistencia a la Compresión	kg/cm^2	Técnicas Peruanas (NTP)

Población y Muestra

La población, como indica el autor Tamayo (2003) es la totalidad de elementos que constituye un estudio o investigación, con determinadas características en común (p.176).

La población estará conformada por 9 testigos de concreto convencional; 100% de cemento (concreto patrón) y, 96 testigos de concreto adicionando piedra pómez molida en porcentajes de 10%, 20%, 30% y 40% que reemplazarán al cemento, ensayadas y comparadas a los 7, 14 y 28 días. Se muestra la información en la Tabla 6.

Tabla 5*Población y muestra*

Muestra					
Tipo	% de piedra pómez	Resistencia a la compresión			Total de Probetas
		f _c = 210 kg/cm ²			
		7 días	14 días	28 días	
Concreto Patrón	0%	3	3	3	9
Concreto con	10%	8	8	8	24
sustitución de	20%	8	8	8	24
piedra pómez	30%	8	8	8	24
molida	40%	8	8	8	24
	Total	35	35	35	105

Técnicas e Instrumentos de Investigación

La técnica es la aplicación de los instrumentos de investigación, necesarios para obtener la información que se requiera de acuerdo al tipo de investigación científica (Tacillo, 2016)

La técnica, considerada en este estudio, es la observación, como indica el mismo autor; es la relación entre el sujeto y el objeto observado, mediante el cual se logra obtener la información de dicho objeto, esta técnica nos permitirá tener información más detallada del proceso de los ensayos a realizarse, exclusivamente de la resistencia a la compresión de concreto patrón y de concreto adicionado con piedra pómez.

Los instrumentos de investigación, los cuales son medios de los que se obtiene información o datos que servirán para ser analizados e interpretados (Tacillo, 2016, p. 70), por lo tanto, las Normas Técnicas Peruanas serán nuestros instrumentos de investigación (Ver Anexo).

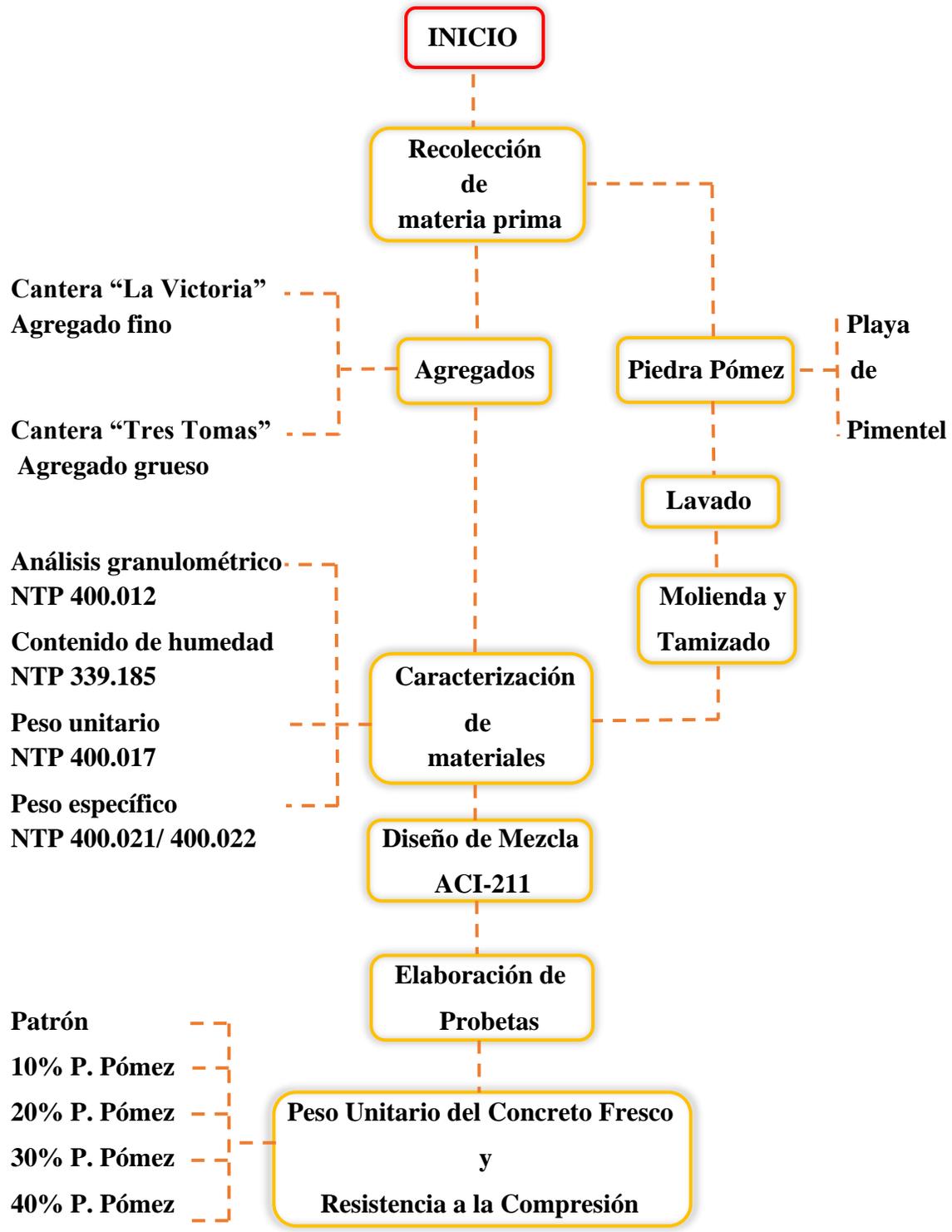
La validez y confiabilidad de los instrumentos está sujeto al registro de los ensayos realizados que están convalidados por las normas técnicas peruanas mencionadas en el párrafo anterior, estos ensayos fueron realizados con la supervisión del técnico de laboratorio, contando con equipos calibrados y en buen estado.

Procedimiento

La investigación se organiza para obtener la información necesaria, teniendo en primer lugar la obtención de la materia prima, siguiendo con los ensayos mediante los instrumentos que se basan en las normas técnicas peruanas, seguido del diseño de mezcla, elaboración de probetas con 0% de piedra pómez (concreto patrón) y de los concretos con porcentajes de pumita, culminando con la resistencia a la rotura $f'c$; por consiguiente, se procesan los datos y se verifica la hipótesis establecida, ello se muestra a continuación en la Figura 4.

Figura 4

Procedimiento de la investigación



Materia Prima

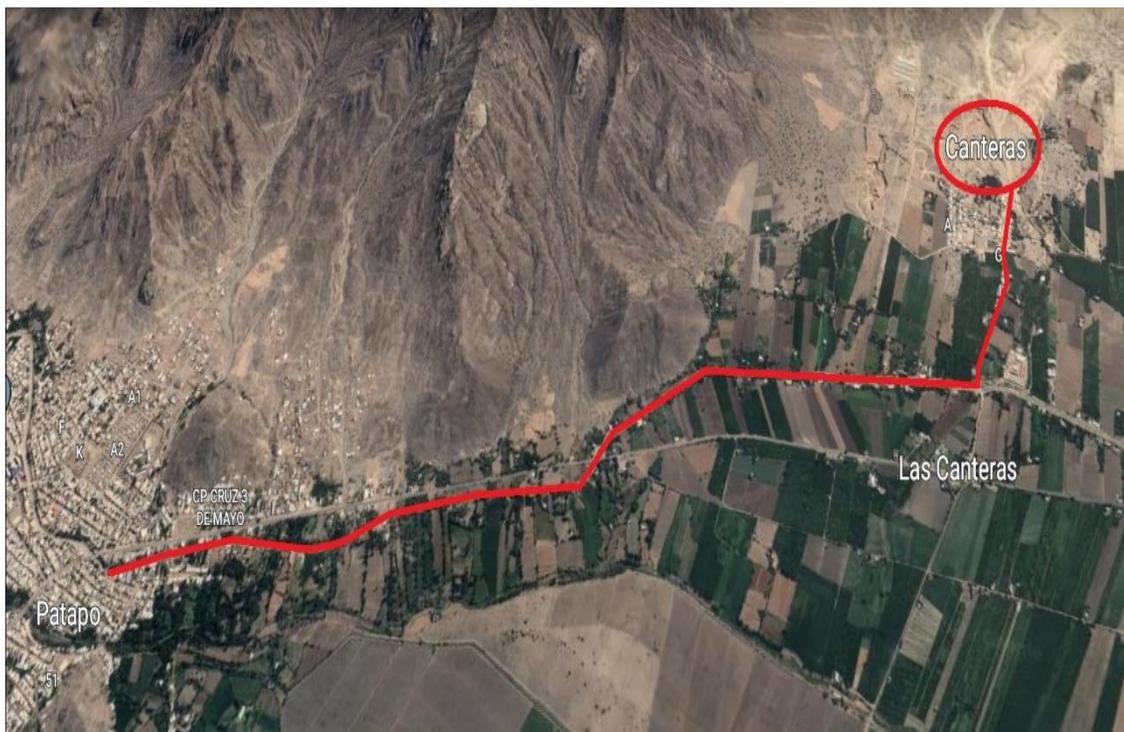
Agregados. Los utilizados en este estudio son extraídos desde: Cantera “La Victoria” en el caso del agregado fino y, Cantera “Tres Tomas”, en el caso del agregado grueso. Elegidas debido a la limpieza y calidad de los materiales que distribuyen.

De dichas canteras se extrajeron los agregados de características, como son:

- Agregado grueso Ø 1/2".
- Agregado fino (arena gruesa).

Figura 5

Cantera La Victoria

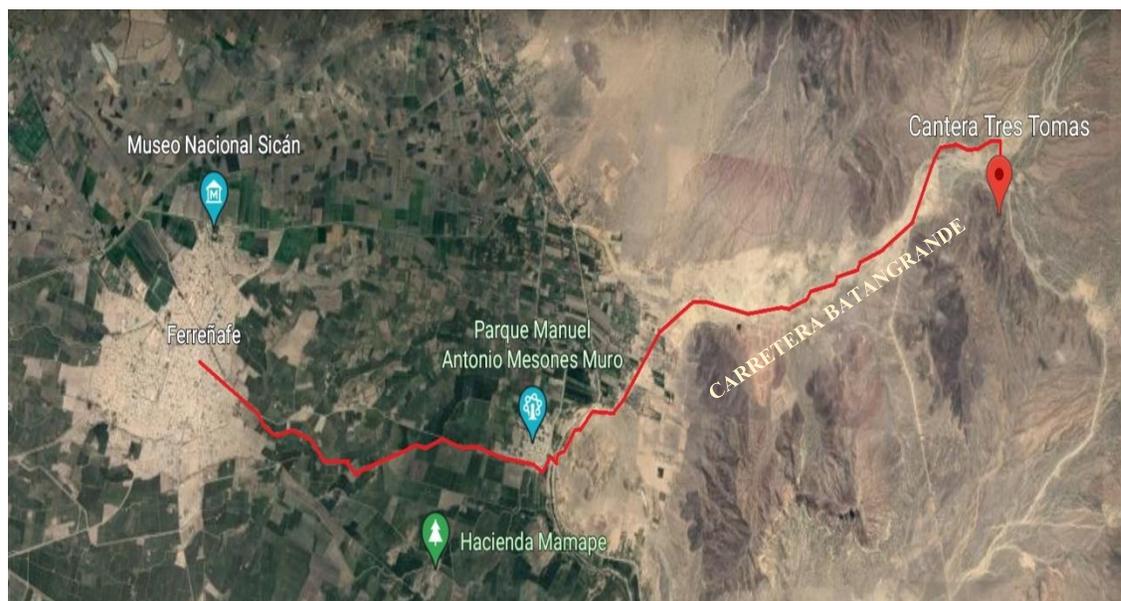


Nota. La Cantera “La Victoria” (Canteras); partiendo desde Chiclayo, tiene una distancia aprox. de 33 km; desde Pátapo, 5.5 km; desde el cruce de la carretera (Canteras), 1.5 km. Adaptado de *Google Earth*.

Esta cantera “La Victoria”, según Paz (2018), cuenta con un área de 1.04 ha y, estimando una potencia de 11 942.34 m³, a base de cantos rodados, grava de distintos tamaños, y arenas fina y gruesa.

Figura 6

Cantera Tres Tomas



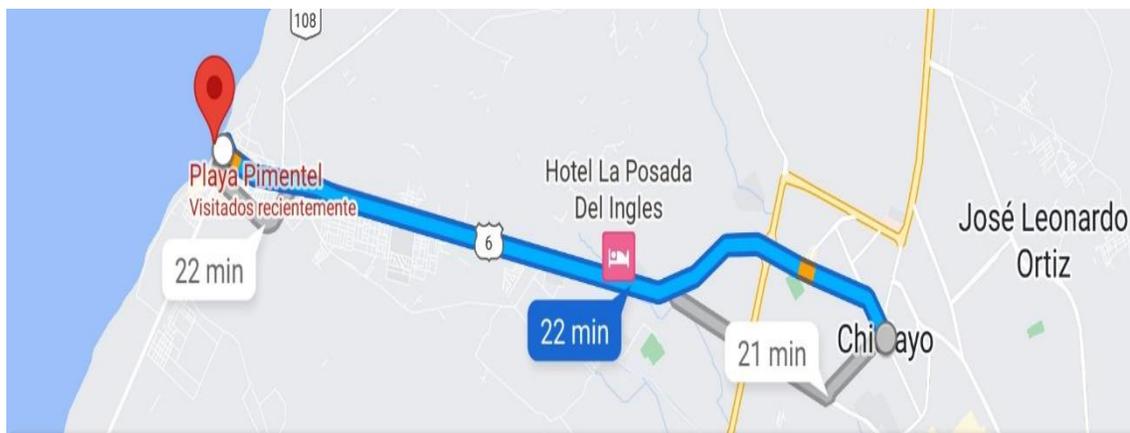
Nota. La Cantera “Tres Tomas”; partiendo desde Ferreñafe tiene una distancia aprox. de 15 km; desde el cruce de la Carretera Batangrande, 1.44 km. Adaptado de *Google Earth*.

Esta cantera según Paz (2018), cuenta con un área de 2.1347 ha y se estima la potencia en 45 472.08 m³.

Piedra Pómez. En referencia a la Piedra Pómez, por ser un tipo de roca volcánica, se extrajo directamente del litoral de la playa de Pimentel, Chiclayo, siguiendo la ruta indicada en la Figura 7. Se llegó a explorar más de 1.5 km de longitud en la costa del mar de la playa de Pimentel para obtener la piedra pómez, requerida en el estudio de esta investigación, esto mostrado en la Figura 8.

Figura 7

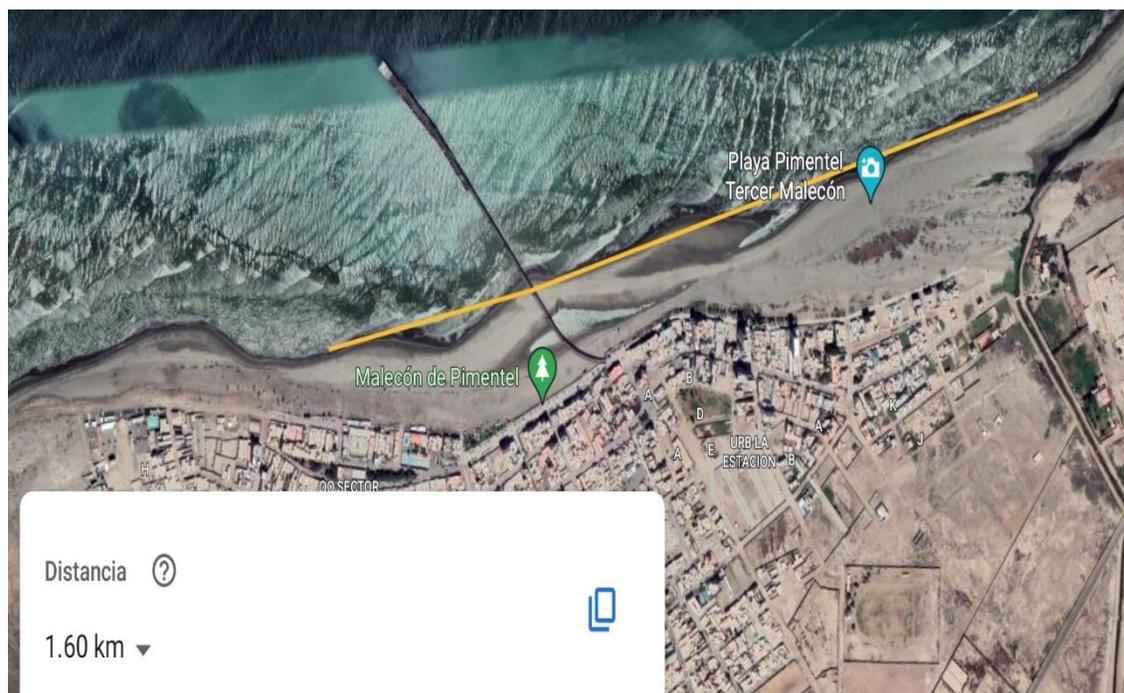
Ruta de Chiclayo a Pimentel



Nota. Adaptado de Google Maps.

Figura 8

Playa de Pimentel



Nota. Se indica a través de la línea, el recorrido realizado para explorar y obtener la piedra pómez.

Adaptado de Google Earth.

Caracterización de Agregados

Para este estudio se realizaron las siguientes caracterizaciones de agregados, cumpliendo las normas vigentes; Normas Técnicas Peruanas (NTP), aprobadas por INACAL.

Análisis Granulométrico. El ensayo realizado cumple la NTP 400.012.

Contenido de Humedad. El ensayo realizado cumple la NTP 339.185.

Peso Unitario Suelto y Varillado. El ensayo realizado cumple la NTP 400.017.

Peso Específico y Grado de Absorción del Agregado Grueso. El ensayo realizado cumple la NTP 400.021.

Peso Específico y Grado de Absorción del Agregado Fino. El ensayo realizado cumple la NTP 400.022.

Ensayos del Concreto Fresco

Peso Unitario. El ensayo realizado cumple la NTP 339.046.

Asentamiento. El ensayo realizado cumple la NTP 339.035.

Ensayos del Concreto Endurecido

Resistencia a la Compresión. El ensayo realizado cumple la NTP 339.034.

Preparación de Piedra Pómez

Acarreo y Transporte. Debido a la no industrialización de este material, no se cuenta con canteras para su adquisición, por lo que el acarreo de la piedra pómez se obtuvo a orillas del mar y, del mismo punto su transporte hacia los laboratorios de ensayo en la ciudad universitaria de Lambayeque. Esto es un costo que se tiene que tener en cuenta para la obtención de este material.

Lavado. Se realizó la limpieza de las piedras pómez, eliminando la cantidad de arena existente y los diminutos moluscos adheridos en su interior, para luego dejarlos secar en el ambiente.

Molienda y Tamizado. Se consiguió en primer lugar triturar la piedra pómez con ayuda de la máquina de los ángeles, luego de ello, reducido su dimensión, se trituró de manera manual, dado el cual se redujo el material a un espesor lo suficientemente pequeño como para que a continuación se utilizara un molino para granos, el resultado de la molienda se tamizó pasando la malla n°200, como producto final, para ser utilizado como material cementante.

Análisis de Datos

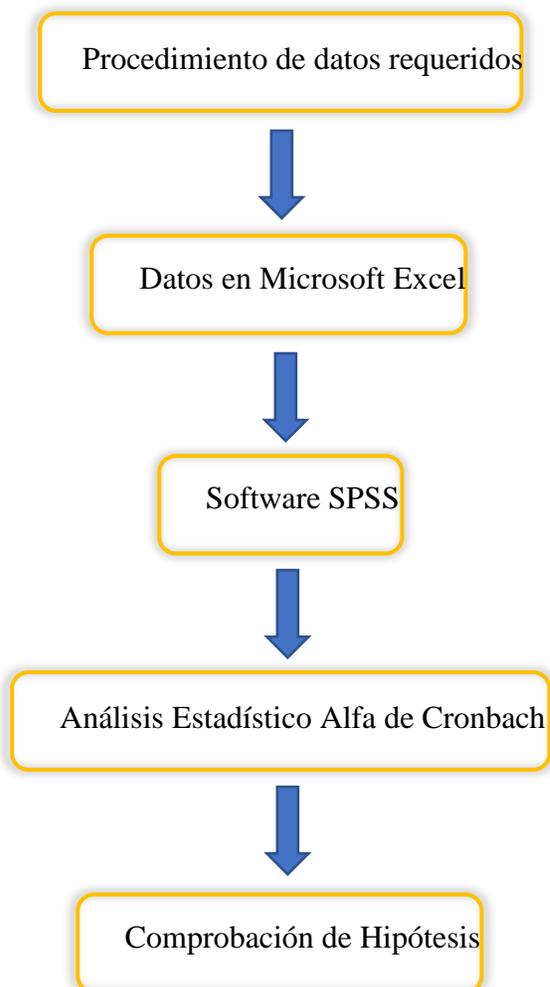
Método e Instrumento

El método a emplearse es la estadística descriptiva, con la cual se ordenará y analizará los datos obtenidos, utilizando herramientas como el programa SPSS y el Microsoft Excel, que nos permitió calcular la fiabilidad de la información adquirida, mediante el Alfa de Cronbach, para la solución de los objetivos en estudio.

Procedimiento de Datos

Figura 9

Procedimiento - análisis de los datos



Criterios de Rigor Científico

Como indica Guba (1981), existen 4 preocupaciones que establecen y desarrollan una investigación confiable, con credibilidad. Estos 4 criterios son:

Valor de verdad: La confianza en los descubrimientos y, cómo se llevó a cabo la investigación, están dados por la aplicación de las Normas Técnicas Peruanas para el uso de

concreto, lo que nos permitirá establecer el criterio de la verdad, siguiendo la guía de estos parámetros de las normas para su interpretación.

Aplicabilidad: Los cambios físicos y mecánicos obtenidos en esta investigación de las probetas de concreto normal empleando piedra pómez, a través de la técnica de la observación y los instrumentos aplicados, mantienen su validez en el transcurso del tiempo, por lo que pueden ser aplicados en distintos contextos.

Consistencia: Los resultados tienen su consistencia en la aplicación de las guías de las Normas Técnicas Peruanas, respetando sus procesos en todos los análisis realizados a los testigos de concreto normal, empleando piedra pómez.

Neutralidad: Esta investigación será tratada con objetividad, en donde el investigador no influenciará en los resultados, más serán tomados e interpretados tal cual según los procedimientos requeridos nos arrojen.

Diseño de Mezcla, Elaboración y Rotura de Probetas

La resistencia del concreto con la que se diseñó fue para conseguir un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. El diseño de las probetas de concreto se dosificó con una relación en volumen de 1:1.98:2.19 (cemento: agregado fino: agregado grueso) y una relación de agua/cemento de 0.56.

Se diseñaron dos tipos de concreto: uno de ellos con 100 % cemento “Concreto Patrón”; agregado fino; agregado grueso; agua. El segundo conformado por % de cemento y % de piedra pómez pulverizada (que pasa la malla n.º 200); agregado fino; agregado grueso; agua.

El único material que varía en el diseño de mezcla, es la participación del porcentaje en peso del cemento por el mismo porcentaje en peso de la piedra pómez pulverizada.

Las probetas tienen las siguientes dimensiones: diámetro= 0.15 m, altura= 0.30 m, por lo que el volumen por probeta es de: 0.0053 m^3 , cada tanda logra vaciar 18 probetas, lo que nos

resulta $0.095\text{m}^3 \approx 0.1 \text{ m}^3$, por lo tanto, se elaboraron las probetas de acuerdo al previo diseño de mezcla y, en proporción a 0.1 m^3 .

En la Tabla 6 a continuación, se visualiza la cantidad de materiales que se utilizaron en la preparación de las probetas de concreto:

Tabla 6

Proporción de diseño de mezcla $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Proporción en Volumen											
Concreto con Porcentaje de Piedra Pómez											
Materiales que componen el concreto	Und	Concreto Patrón		10% de P.P.		20% P.P.		30% P.P.		40% P.P.	
		1m³	0.1m³	1m³	0.1m³	1m³	0.1m³	1m³	0.1m³	1m³	0.1m³
Cemento	bls	9.08	0.91	8.17	0.82	7.26	0.73	6.36	0.64	5.45	0.55
P. Pómez	kg	0	0	38.59	3.86	77.18	7.72	115.77	11.58	154.36	15.44
Ag. Fino	m ³	0.51	0.05	0.51	0.05	0.51	0.05	0.51	0.05	0.51	0.05
Ag. Grueso	m ³	0.54	0.05	0.54	0.05	0.54	0.05	0.54	0.05	0.54	0.05
Agua	l	204.8	20.48	204.8	20.48	204.8	20.48	204.8	20.48	204.8	20.48

Hay que precisar que en el Perú se comercializa la bolsa de cemento en 42.5 kg, ya que en algunos países difiere este valor comercial, por consiguiente, la proporción de bolsa de cemento sustituido es transformado a kilogramos y es lo que estamos reemplazando en la mezcla, lo que se observa en los datos de la Tabla 6.

Capítulo IV. Resultados

Caracterización de Materiales

La caracterización de los materiales; piedra pómez, agregados, se encuentran en el Apéndice B.

Ensayo del Concreto Fresco

Los ensayos del concreto fresco; peso unitario, asentamiento, se encuentran en el Apéndice B.

Ensayo del Concreto Endurecido – Resistencia del Concreto

Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón

Tabla 7

Resistencia a la compresión del concreto patrón

Probetas Cilíndricas – $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$		
Probetas		Resistencia a la Compresión $f'c = \text{kg/cm}^2$
Ensayo	Edad	Rotura
Resistencia a la Compresión	7 días	159.70
	14 días	202.60
	28 días	238.30

Las resistencias promedio, en cuanto al concreto patrón, ensayados a distintas edades, nos muestran un significativo resultado de su calidad, con elevada resistencia inicial y final, lo que indica buenos materiales, diseño y preparación de mezcla.

Resistencia a La Compresión con % de Piedra Pómez

Tabla 8

Resistencia ($f'c$) con porcentajes de piedra pómez

Probetas Cilíndricas – $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$					
Probetas		Porcentaje de Piedra Pómez $f'c= \text{kg/cm}^2$			
Ensayo	Edad	10%	20%	30%	40%
Resistencia a la Compresión	7 días	161.80	146.00	141.70	119.10
	14 días	196.80	170.80	164.90	136.70
	28 días	228.60	207.90	179.30	150.90

La variabilidad de datos obtenidos con respecto a los distintos porcentajes de piedra pómez nos indican la influencia en la calidad del concreto, esto se analizará más a fondo con los gráficos siguientes.

Tabla 9

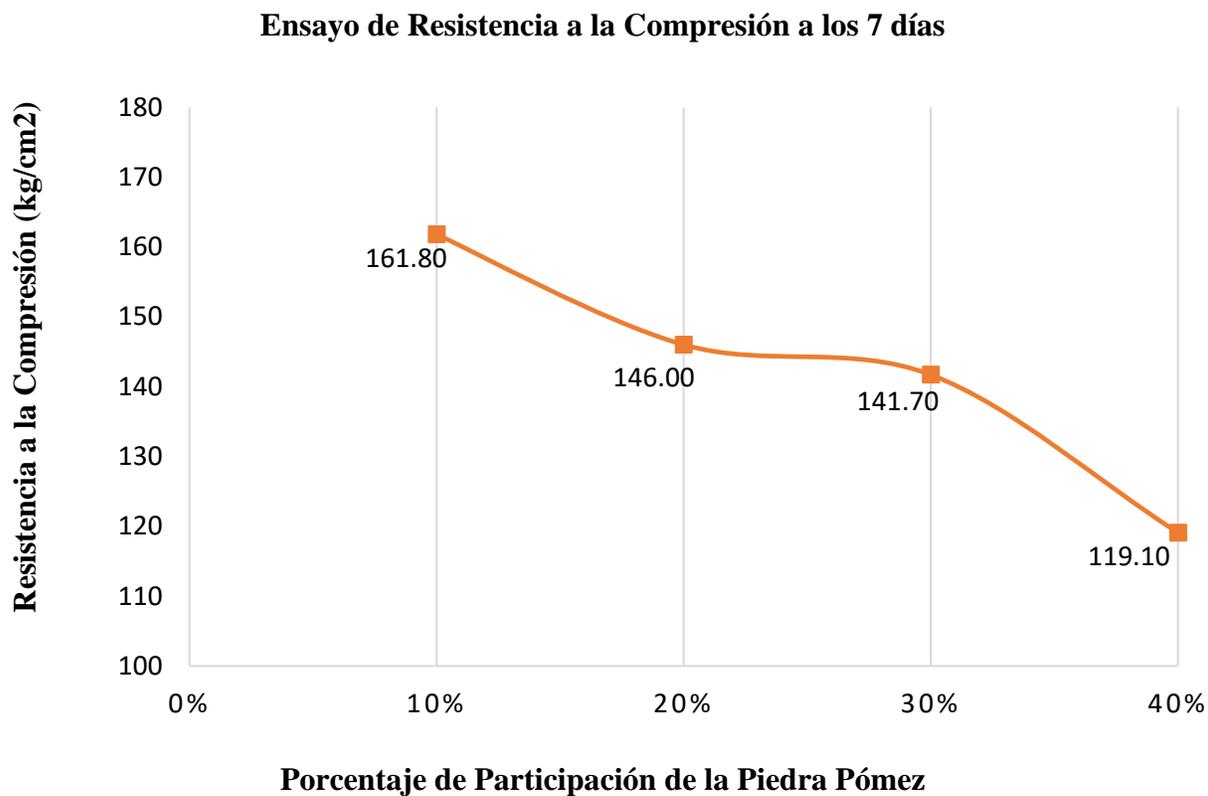
Porcentajes con respecto al concreto patrón

Porcentajes Respecto del Concreto Patrón					
Probetas		Piedra Pómez %			
Ensayo	Edad	10%	20%	30%	40%
Resistencia a la compresión	7 días	101.31	91.42	88.73	74.58
	14 días	97.14	84.30	81.39	67.47
	28 días	95.93	87.24	75.24	63.32

Se puede observar que los testigos de concreto ensayados con 10% de piedra pómez son los que más se acercan a los resultados obtenidos para la resistencia del concreto patrón, siendo este porcentaje de piedra pómez el más óptimo.

Figura 10

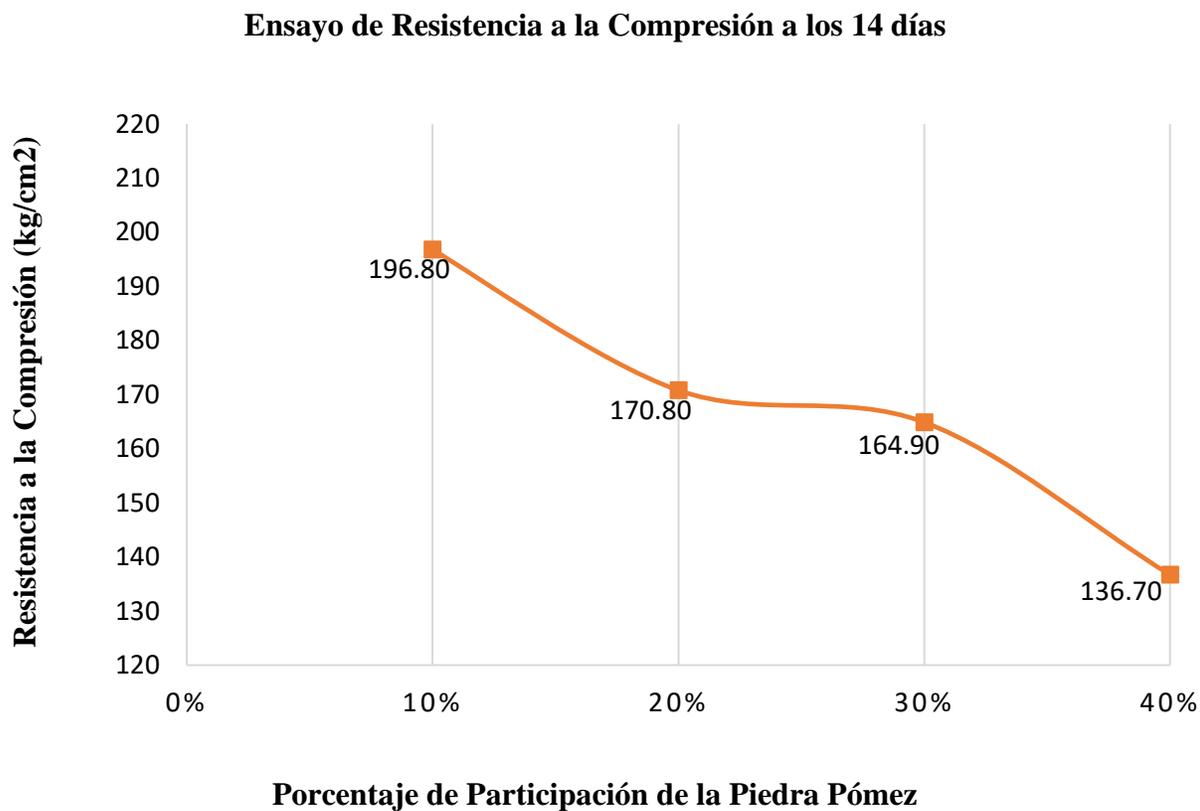
Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con piedra pómez a los 7 días



A los 7 días de ensayo se muestra la disminución en la resistencia, a medida que la cantidad de sustitución del cemento por piedra pómez incrementa, la resistencia de los porcentajes de piedra pómez de 20 y 30% son muy similares y, a excepción del 40% de piedra pómez, tomando los datos de la Tabla 9, las resistencias iniciales son aceptables.

Figura 11

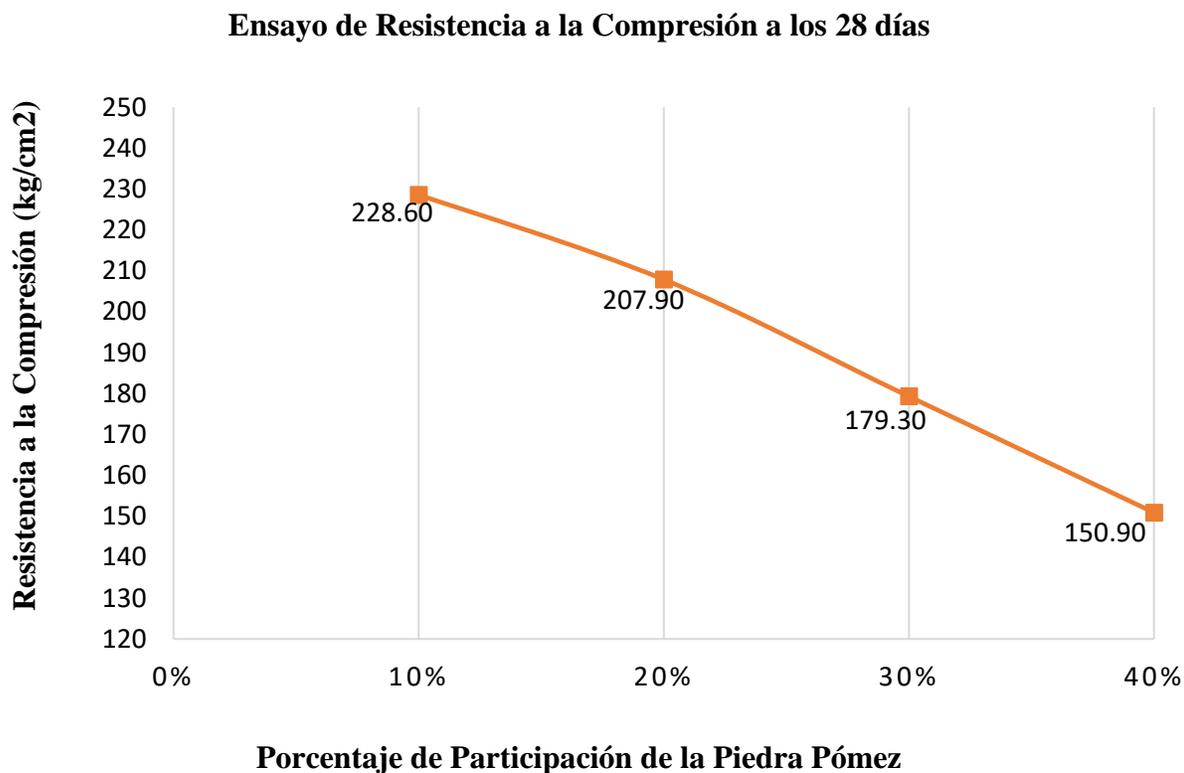
Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con piedra pómez a los 14 días



A los 14 días de ensayo se mantiene la disminución de la resistencia, en cuanto a la medida que el porcentaje de piedra pómez aumenta, la resistencia con 20 % de sustitución es aceptable, siendo la del 10% la proporción con mejores resultados, en proporción con la resistencia de diseño.

Figura 12

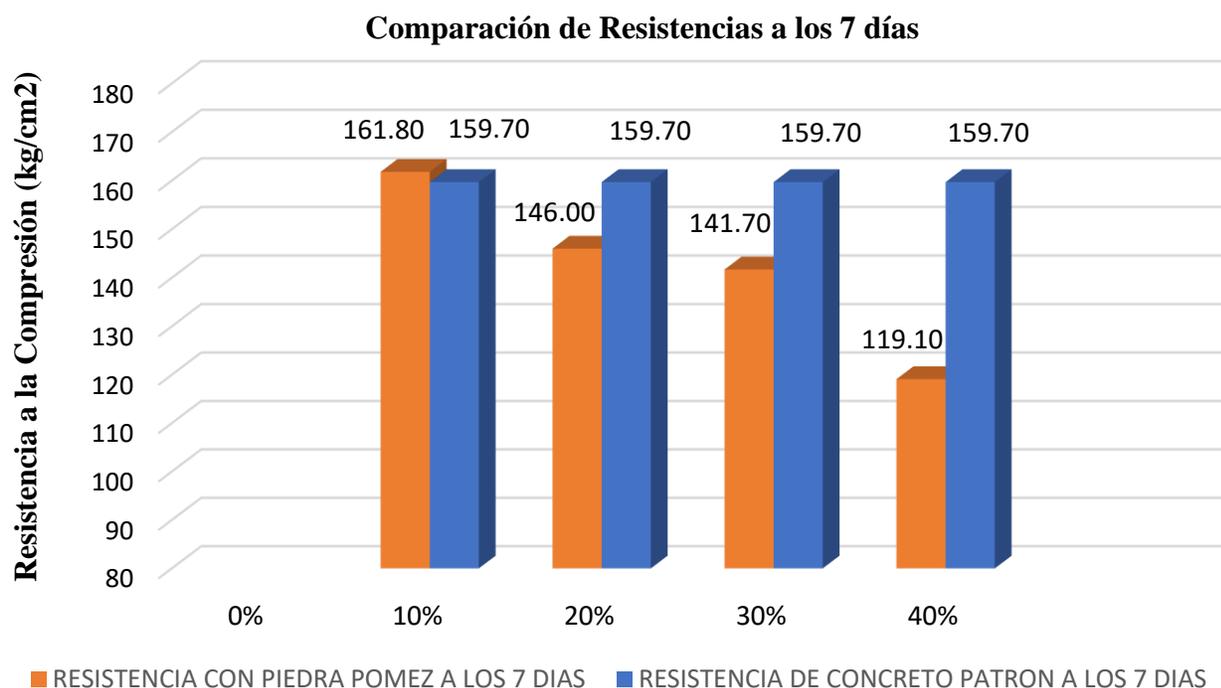
Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con piedra pómez a los 28 días



La gráfica de los 28 días, que sigue el comportamiento de las edades de 7 y 14 días, nos muestra que continúa la forma decreciente de la resistencia, de lo cual podemos llegar a la conclusión que el porcentaje de la piedra pómez en sustitución del cemento es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión, además, que, teniendo como base a la resistencia de diseño, los porcentajes óptimos son al 10 y al 20% de piedra pómez, alcanzando estos el 108.86% y el 99.00% respectivamente.

Figura 13

Comparación de resistencias a la compresión a los 7 días

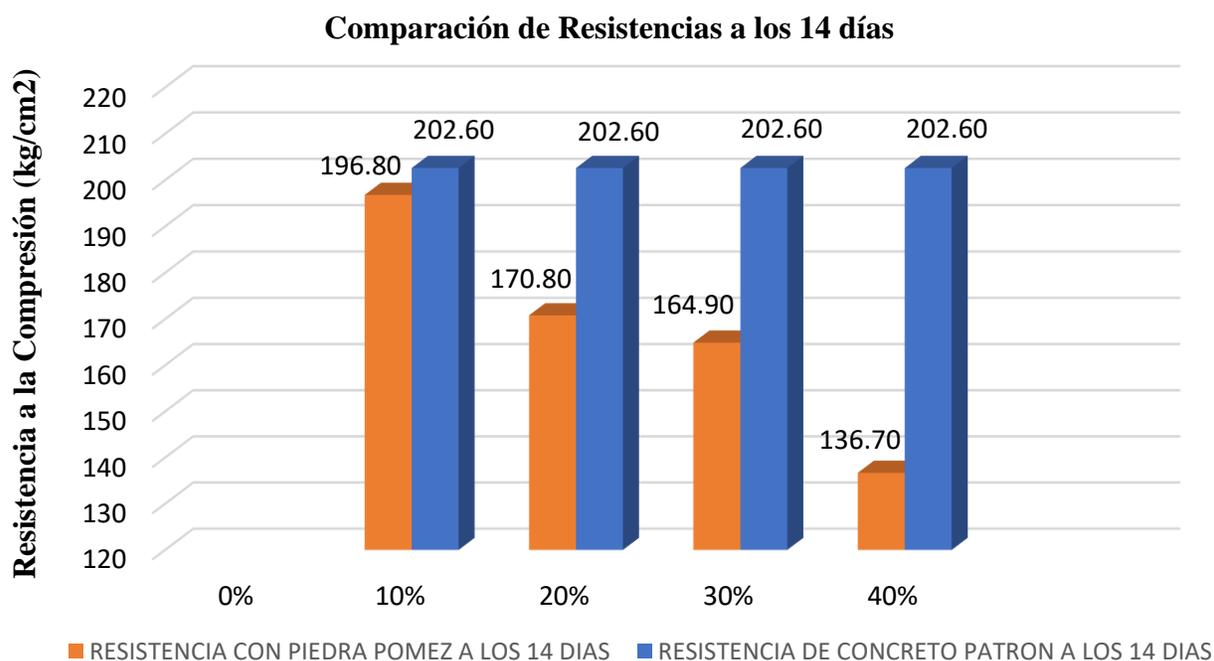


Porcentaje de Participación de la Piedra Pómez

Se compara cada resultado de añadir 10%, 20% 30% y 40% de piedra pómez con respecto a los resultados del concreto patrón, en este gráfico comparativo se observa el comportamiento a los 7 días y, se obtiene un resultado cercano con respecto al concreto con 100% de cemento, siendo los índices porcentuales de 10%, 20% y 30% los más favorables y con mejor comportamiento inicial, además, en cuanto al 10% de sustitución, este supera la rotura de 7 días en el concreto con 100% de cemento, obteniendo un concreto de elevada resistencia inicial.

Figura 14

Comparación de resistencias a la compresión a los 14 días

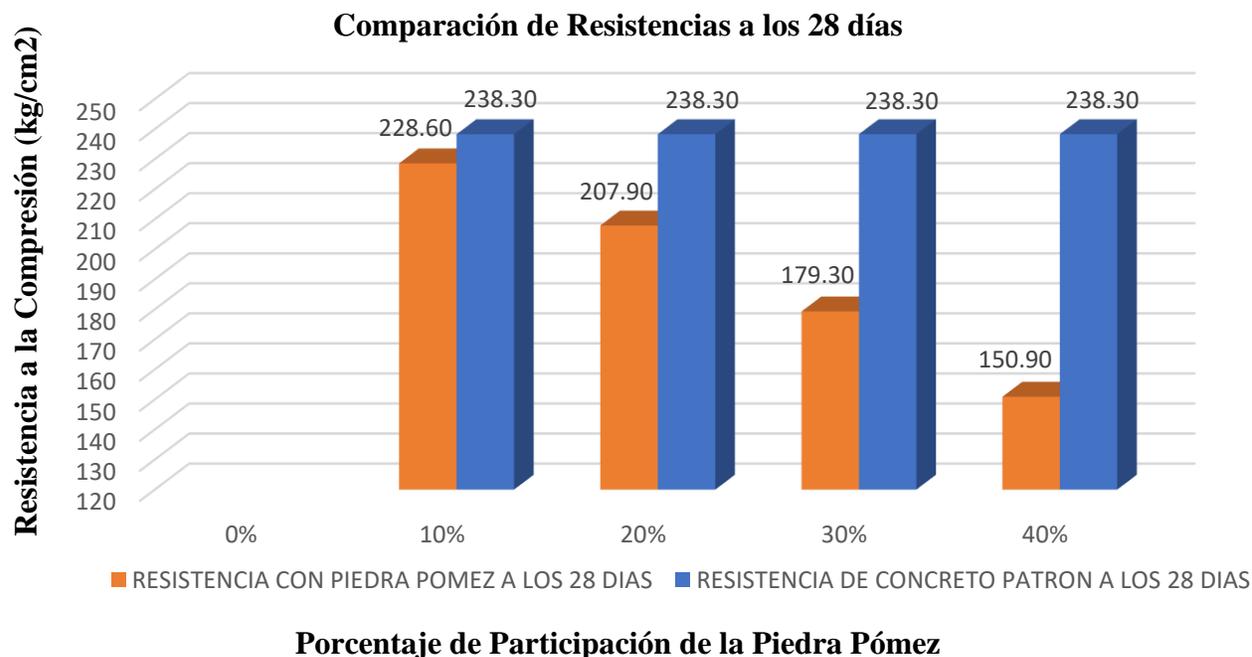


Porcentaje de Participación de la Piedra Pómez

Los resultados mostrados a los 14 días tienden a seguir el comportamiento de los resultados mostrados a los 7 días, con la salvedad del 30% de piedra pómez, ya que este se va alejando de los resultados óptimos, mientras que el 10% y el 20% mantienen su resistencia deseada, esto quiere decir que el 40% de piedra pómez pierde su efectividad en una de las propiedades más importantes para el concreto: resistencia.

Figura 15

Comparación de resistencias a la compresión a los 28 días

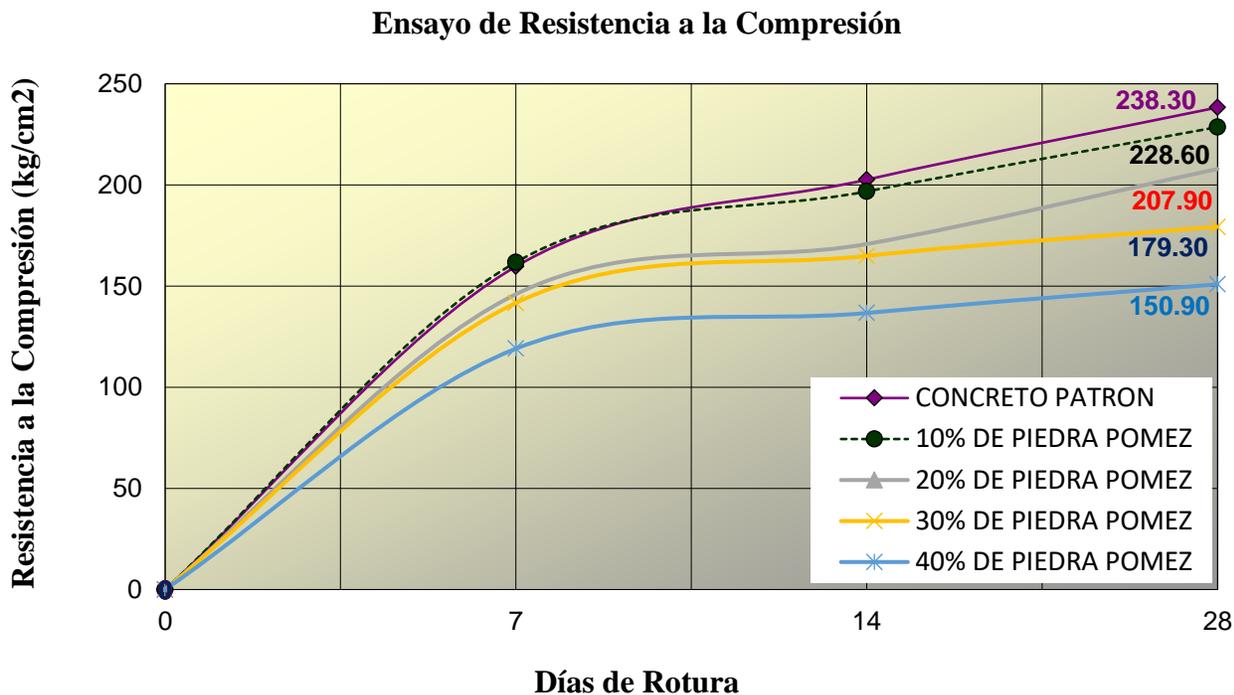


El ensayo a los 28 días nos arroja resultados para su máxima resistencia, los datos de comparación que observamos son muy cercanos al concreto patrón en cuanto al 10% de piedra pómez, sin embargo, hay que tomar en cuenta que el concreto patrón superó la resistencia de diseño, obteniendo un 113.48%.

Como mencionamos, la resistencia con 10% es la más óptima, sin embargo, el 20% de piedra pómez también alcanza una resistencia ideal, 99% si se compara con f'_c de diseño, por lo que se concluye que estos dos porcentajes son los aceptados para concretos con sustitución de cemento.

Figura 16

Comparación de resistencias – días



Observamos en esta gráfica el comportamiento continuo de la resistencia a la compresión y, como vemos el 10% y 20% son muy cercanos al concreto patrón, es aquí donde observamos lo anunciado en la anterior Figura 6, donde se visualiza que el 10% y 20% de piedra pómez son los más cercanos, óptimos, e incluso llegando a superar el de diseño en cuanto al 10% de sustitución.

Capítulo V. Factibilidad Económica

Análisis de Costos Unitarios

Los precios de los materiales han sido obtenidos de las ferreterías locales (Lambayeque), el precio unitario de la piedra pómez está en función a ciertos parámetros que han sido tomados en el transcurso de la investigación realizada para este proyecto de tesis, como son: la ubicación de la materia prima, la disponibilidad, la obtención, la cantidad, el transporte, el estudio del mercado, la limpieza, el chancado, la pulverización, el tamizado y la utilización, es por ello que se ha considerado el costo de la piedra pómez pulverizada tomando en cuenta todos estos factores para el análisis. Asimismo, se obtiene un precio de la piedra pómez molida de S/0.30 x kg (S/IGV).

Se muestran a continuación las tablas de los análisis de costos unitarios (rendimiento= m^3) de los materiales de las partidas del concreto patrón y, de los concretos incorporados con porcentajes de piedra pómez, por lo tanto, se excluye la mano de obra, equipos y herramientas.

Tabla 10

Análisis de costo unitario del concreto patrón

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls	9.0800	24.07	218.56
Agregado Fino	m ³	0.5091	40.00	20.36
Agregado Grueso	m ³	0.5631	63.00	35.48
Agua	m ³	0.2048	5.00	1.02
				275.42

Tabla 11*Análisis de costo unitario con 10% de piedra pómez*

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls	8.1720	24.07	196.70
Piedra Pómez	kg	38.5900	0.30	11.58
Agregado Fino	m3	0.5091	40.00	20.36
Agregado Grueso	m3	0.5631	63.00	35.48
Agua	m3	0.2048	5.00	1.02
				265.14

Tabla 12*Análisis de costo unitario con 20% de piedra pómez*

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls	7.2640	24.07	174.84
Piedra Pómez	kg	77.1800	0.30	23.15
Agregado Fino	m3	0.5091	40.00	20.36
Agregado Grueso	m3	0.5631	63.00	35.48
Agua	m3	0.2048	5.00	1.02
				254.85

Tabla 13*Análisis de costo unitario con 30% de piedra pómez*

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls	6.3560	24.07	152.99
Piedra Pómez	kg	115.7700	0.30	34.73
Agregado Fino	m3	0.5091	40.00	20.36
Agregado Grueso	m3	0.5631	63.00	35.48
Agua	m3	0.2048	5.00	1.02
				244.58

Tabla 14

Análisis de costo unitario con 40% de piedra pómez

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bls	5.4480	24.07	131.13
Piedra Pómez	kg	154.3600	0.30	46.31
Agregado Fino	m ³	0.5091	40.00	20.36
Agregado Grueso	m ³	0.5631	63.00	35.48
Agua	m ³	0.2048	5.00	1.02
				234.30

Los costos de cada partida del concreto nos permite poder hacer un análisis comparativo económico entre los distintos porcentajes de piedra pómez y el concreto patrón y, de esta manera comprobar si conviene fabricar concretos con incorporación de piedra pómez desde el punto de vista económico y estructural.

Expresión de Comparación

El ahorro al fabricar concretos con incorporación de piedra pómez se incrementa cada vez que aumenta el porcentaje de participación de piedra pómez, esto debido a que el costo del material sustituto como es la piedra pómez es sustancialmente menor en comparación al cemento portland, consiguiendo así concretos más económicos, llegando a tener un ahorro que varía entre S/ 10.28 y S/ 41.12 para el caso del 10% y 40% de participación de piedra pómez respectivamente, para cada partida por metro cúbico de concreto.

Esto nos genera la controversia, y la interrogante de colocar en la balanza la parte funcional versus la parte económica, al momento de escoger un tipo de concreto, se tendría que analizar la utilización de cada tipo de concreto producido con distintos índices porcentuales de pumita, dependiendo la necesidad estructural a construir, por ejemplo, se podría utilizar para estructuras de concreto pobre al concreto con 40% de piedra pómez.

Capítulo VI. Conclusiones

1. El esfuerzo de compresión promedio a los 7 días para los ensayos con 10% de piedra pómez nos arroja un concreto que supera al concreto patrón, siendo un concreto de alta resistencia inicial.

2. El promedio de resistencias de compresión a los 28 días para los ensayos con 10% y 20% de piedra pómez da como resultado, concretos óptimos, si lo comparamos con el concreto patrón (95.93% y 87.24% respectivamente) y comparándolo con la resistencia de diseño $f'_c=210$ kg/cm²: 108.86% y 99.00% respectivamente.

3. Realizando la comparación del concreto elaborado con 10% y 20% de piedra pómez, el concreto elaborado con menos porcentaje de sustitución es el que genera datos más óptimos, obteniendo una mayor resistencia a la compresión.

4. El peso unitario de los concretos elaborados con valores porcentuales de pumicita son menores al concreto patrón, reportando límites de 2312.73 a 2254.55 kg/m³, por lo que se obtiene concretos más ligeros, en la medida que se va incrementando el porcentaje de sustitución.

5. Según los resultados de análisis de costos unitarios de los materiales para 1m³ de concreto, se tiene que a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de piedra pómez, disminuye su costo, además, hay que tomar en cuenta que la piedra pómez se trabajó manualmente, por lo que su proceso fue más lento, pero más barato en cuanto a producción.

Capítulo VII. Recomendaciones

1. Realizar de manera exhaustiva el proceso de molienda de la piedra pómez y, posteriormente los controles de calidad, para una mayor confiabilidad en los resultados, abarcando sus propiedades, tanto físicas como mecánicas y, así poder utilizarlo en los diseños de mezcla requeridos.

2. Para futuras investigaciones, se recomienda experimentar con distintos métodos e instrumentos, porcentajes menores al 20% de piedra pómez como material sustituyente del cemento, debido a que se obtuvieron óptimas resistencias a la compresión, el campo de investigación pueden ser: el calor de hidratación (calorímetro isotérmico), cantidad de hidróxido de calcio (análisis termogravimétricos y difracción de rayos X) relacionado a la reacción álcali-sílice, mitigación de sulfatos, ya que estos componentes, así como su principal propiedad que es la resistencia de compresión aportan durabilidad al concreto.

3. Optimizar la obtención y proceso de molienda de la piedra pómez a través de maquinaria para lograr utilizar en mayor dimensión dicho material, ya que podría resultar económicamente más beneficiosa, inclusive, si se añade aditivos a la mezcla, pudiendo aplicar a estructuras de concreto y así revelar su verdadero costo en las obras de construcción.

4. Se recomienda a las actuales y futuras empresas de realización de concreto, se utilice materiales no convencionales como la piedra pómez - que resultan satisfactorias para un diseño de mezcla – para optimizar el uso de materiales que se explota a gran escala como son las piedras calizas, los agregados finos, gruesos y demás.

Capítulo VIII. Referencias

- Brito, Luis (2010). *Elaboración de un sustituto del ladrillo de barro, por uno elaborado en piedra pómez y masilla de cemento* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/488>
- Cañarte, George (2016). *Estudio de aumento de resistencia a la compresión del hormigón liviano con piedra pómez como solución estructural* [Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12002/1/TESIS-MTE-UG-GEORGE%20CA%C3%91ARTE-2016.pdf>
- Alayo, Alexandra y Polo Miriam (2019). *Influencia del porcentaje de piedra pómez sobre la resistencia a la compresión y peso unitario en un concreto estructural para pórticos, Trujillo-2019* [Tesis de Titulación, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/23377>
- Bedoya, Jorge (2018). *Influencia del método de madurez en la resistencia del concreto para un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Huancavelica* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1909>
- Salazar, Alejandro (2004). *Síntesis de la tecnología del concreto. Una manera de entender a los materiales compuestos*. (4^oed). Corporación Construir
- Gallegos, Analía (2015). *Diseño de la mezcla de hormigón alivianado usando piedra pómez de Latacunga. Aplicación a la fabricación de paneles prefabricados no estructurales* [Tesis de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/11441>

- Martínez, Diego (2010). *Concreto liviano estructural con arcilla expandida térmicamente extraída de canteras localizadas en el sur de la sabana de Bogotá* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11402>
- Sánchez, Diego (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. (5° ed.). Bhandar Editores LTDA.
- Lopera, Laura (2021). *Más allá de la resistencia a la compresión: calidad y propiedades del concreto en estado endurecido*. <https://alio.com.co/calidad-y-propiedades-del-concreto/>
- Ojeda, Sara (2014). *Laboratorio Tecnología del Hormigón* [Archivo PDF]. <https://www.slideserve.com/ingrid-fry/laboratorio-tecnologia-del-hormig-n>
- Cachay, Cesar (2015). Control de calidad del concreto. *Sencico Edificaciones*, 34. <https://es.slideshare.net/samuelemontenegro/control-de-calidadss/0>
- Paz, Roberto (2018). *Análisis de propiedades físico mecánicas de agregados para verificar la resistencia del concreto 210 kg/cm² de dos canteras representativas de la región Lambayeque* [Tesis de Titulación, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32351/paz_pr.pdf
- Murillo, W. (2008). *La Investigación Científica*. <http://www.monografías.com/trabajos15/investigacion/investigacion.htm>.2008
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa.
- Tacillo Yauli, E. (2016). *Metodología de la investigación científica*. Universidad Jaime Bausate y Mesa.

Guba, E. (1981). *Criteria for Assessing the Trustworthiness of Naturalistic*

Inquiries. Educational Technology Research and Development, 29 (2), 75-91.

Comité ACI 318 (2019). *Requisitos de reglamento para concreto estructural* (ACI 318-19).

<https://ingenieriaymas.com/2022/02/aci-318-19-codigo-para-concreto-estructural-en-espanol.html>

Instituto Nacional de Calidad (2020). *Cementos Portland. Requisitos* (NTP 334.009).

<https://es.scribd.com/document/524266779/NTP-334-009-2020-CEMENTOS-Cementos-Portland-Requisitos-1>

Instituto Nacional de Calidad (2018). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*

(NTP 400.012). <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-santo-toribio-de-mogrovejo/tecnologia-del-concreto/ntp-400012-2013-revision-2018-analisis-granulometrico-del-agregado-fino-grueso-y-global/14744990>

Instituto Nacional de Calidad (2018). *Método de ensayo normalizado para contenido de*

humedad total evaporable de agregados por secado (NTP 339.185).

<https://es.scribd.com/document/429957838/NTP-339-185-Contenido-de-Humedad>

Instituto Nacional de Calidad (2020). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa*

por unidad de volumen o densidad (“peso unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP

400.017). <https://es.scribd.com/document/377662745/NORMA-TECNICA-NTP-400-017-docx>

Instituto Nacional de Calidad (2018). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso* (NTP 400.021).
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-de-tacna/tecnologia-del-concreto/ntp-400-nota-a/5526519>

Instituto Nacional de Calidad (2018). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino* (NTP 400.022).
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-alas-peruanas/concreto-armado-ii/ntp-400022-2013-revisada-el-2018/16893046>

Instituto Nacional de Calidad (2015). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland* (NTP 339.035).
<https://www.coursehero.com/file/125440022/NTP-339035-2015-MEDICI%C3%93N-DEL-ASENTAMIENTO-v2pdf/>

Instituto Nacional de Calidad (2018). *Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)* (NTP 339.046). <https://www.deperu.com/normas-tecnicas/NTP-339-046.html>

Instituto Nacional de Calidad (2015). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas* (NTP 339.034).
<https://es.scribd.com/document/417389764/Ntp-339-034-Metodo-de-Ensayo-Normalizado-Para-La-Determinacion-de-La-Resistencia-a-La-Compresion-Del-Concreto-en-Muestras-Cilindricas#:~:text=Todas%20las%20categor%C3%ADas,NTP%20339.034%20Metodo%20de%20Ensayo%20Normalizado%20para%20La%20Determinacion%20de,Del%20Concreto%20en%20Muestras%20Cilindricas>

Apéndice A. Diseño de Mezcla

PROYECTO DE TESIS :	“FABRICACION DE CONCRETO NORMAL EMPLEANDO PIEDRA POMEZ COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO”		
CODIGO :	IC_V_2021_10	UTILIDAD:	CONCRETO
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO			
REQUERIMIENTOS			
Resistencia especificada	: 210 kg/cm ²		
Uso	: Concreto en general		
Cemento	: Pacasmayo TIPO I		
Agregados	: Agreg. Grueso: Tres Tomas Agreg. Fino : La Victoria		
<u>Características :</u>	<u>Agreg. Fino</u>	<u>Agreg. Grueso</u>	
Humedad Natural :	2.02%	0.36%	
Absorción :	0.60%	0.38%	
Peso Específico de Masa :	2.45 gr/cm ³	2.66 gr/cm ³	
Peso Unitario Varillado :	1.79 gr/cm ³	1.52 gr/cm ³	
Peso Unitario Suelto Seco :	1.58 gr/cm ³	1.45 gr/cm ³	
Módulo de Finura :	2.93		
T. M. N. del agregado		1/2"	
DOSIFICACION			
1. Relación Agua - Cemento (a/c)			
Para lograr una Resistencia Promedio de:	210	+	84 = 294 kg/cm ²
Se requiere una Relación a/c por resistencia =			0.5584
Por condiciones especiales de exposición: Expuesto a agua dulce.			
Se requiere un a/c =			0.50
Por condiciones de exposición a soluciones de sulfato			
Se requiere un a/c =			0.50
Luego la relación agua - cemento de diseño es :			0.56
2. Contenido de Agua de Mezcla y Contenido de Aire Atrapado			
Para un asentamiento de 3" a 4" =	216 litros/m ³		Aire : 2.5%

3. Contenido de Cemento

$$216 / 0.56 = 385.71 \text{ Kg} \quad ; \text{ Aproximadamente} \quad 9.08 \quad \text{bolsas/m}^3$$

4. Peso del Ag. Grueso

$$0.537 \text{ m}^3 * 1520 \text{ Kg/m}^3 = 816.24 \text{ Kg}$$

5. Contenido del Ag. Fino

Vol. de agua	216	/	1000	=	0.216	m^3
Vol. absoluto de cemento	385.71	/	3110	=	0.124	m^3
Vol. absoluto de agregado grueso	816.24	/	2660	=	0.307	m^3
Vol. de aire				=	0.025	m^3
					0.672	m^3
Vol. absoluto de agregado fino	1	—	0.672	=	0.328	m^3

6. Peso del Ag. Fino

$$0.328 \text{ m}^3 * 2450 \text{ Kg/m}^3 = 803.89 \text{ Kg}$$

7. Peso Seco de los Materiales - Resumen

Cemento	=	385.71	kg
Agr. Fino	=	803.89	kg
Agr. Grueso	=	816.24	kg
Agua	=	216.00	L

8. Corrección por humedad de los agregados

Por humedad total (pesos ajustados)

Agr. fino :	803.89	(1 + 0.0202)	= 820.13	kg
Agr. grueso :	816.24	(1 + 0.0036)	= 819.18	kg

9. Rectificación por absorción en los agregados

Agua para ser añadida por rectificación; por absorción

Agr. fino :	803.89	(0.0202 — 0.0060)	= 11.42	L
Agr. grueso :	816.24	(0.0036 — 0.0038)	= -0.16	L
			<u>11.25</u>	L

10. Agua Efectiva de Mezclado

$$216 \quad - \quad 11.25 \quad = \quad 204.75 \text{ L}$$

11. Resumen

Cemento	=	386 kg
Ag. Fino (Húmedo)	=	820 kg
Ag. Grueso (Húmedo)	=	819 kg
Agua efectiva (Total de Mezclado)	=	204.75 L

DOSIFICACION EN PESO

1 : 2.13 : 2.12 : 22.56 litros/ bolsa

Relación agua - cemento (de diseño):	216 / 386 = 0.56
Relación agua - cemento (agua efectiva):	204.75 / 386 = 0.53

CONVERSION DE DOSIFICACION EN PESO A VOLUMEN**MATERIALES**

<u>Características</u>	<u>Agregado Fino</u>	<u>Agregado Grueso</u>
Peso suelto seco	1580 kg/m ³	1450 kg/m ³
Contenido de humedad	2.02%	0.36%

CANTIDAD DE MATERIALES POR TANDA

Cemento	1	*	42.5	=	42.5 kg/bolsa
Agua efectiva				=	22.56 L/bolsa
Agreg. fino húmedo	2.13	*	42.5	=	90.37 kg/bolsa
Agreg. grueso húmedo	2.12	*	42.5	=	90.26 kg/bolsa

PESOS UNITARIOS SUELTOS HUMEDOS DEL AGREGADO

Agregado fino húmedo	1580 (1 + 0.0202) = 1611.9 kg/m ³
Agregado grueso húmedo	1450 (1 + 0.0036) = 1455.2 kg/m ³

PESOS POR PIE CUBICO DEL AGREGADO

De la bolsa de cemento		=	42.50 kg/pie ³
Del agregado fino	1,611.92 / 35.315 =		45.64 kg/pie ³
Del agregado grueso	1,455.22 / 35.315 =		41.21 kg/pie ³

DOSIFICACION EN VOLUMEN

Cemento	42.5 /	42.50	=	1.00
Agregado fino húmedo	90.37 /	45.64	=	1.98
Agregado grueso húmedo	90.26 /	41.21	=	2.19

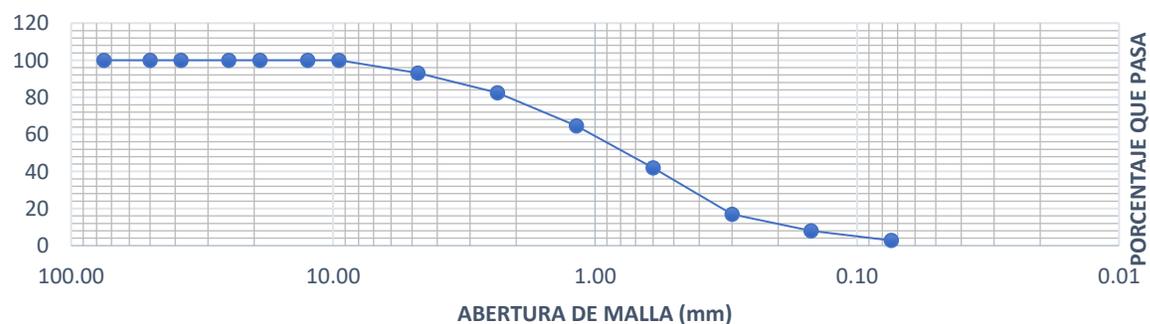
1 : 1.98 : 2.19 : 22.56 litros / bolsa

Apéndice B. Ensayos

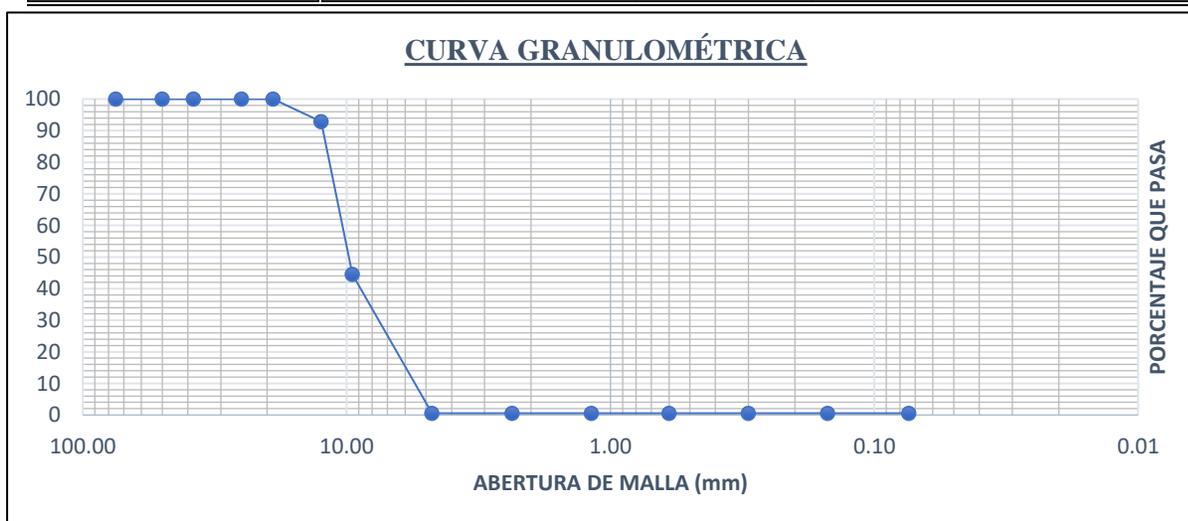
Análisis Granulométrico

ANÁLISIS DE AGREGADO FINO						
ANÁLISIS POR TAMIZADO						
MUESTRA		LA VICTORIA - PATAPO				N. T. APLICADAS:
PESO MUESTRA (gr)		1000.00				NTP 400.012
PESO MUESTRA TAMIZADA (gr)		1000.00				CARACTERÍSTICA DE TAMICES:
TAMICES ASTM	ABERT.	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		ASTM E-11, DIAMETRO 8".
(Pulg.)	(mm.)			RETENIDO (%)	PASA (%)	
3"	75.00	0	-	-	100.00	FINOS
2"	50.00	0	-	-	100.00	
1 1/2"	38.10	0	-	-	100.00	
1"	25.00	0	-	-	100.00	
3/4"	19.00	0	-	-	100.00	
1/2"	12.50	0	-	-	100.00	
3/8"	9.50	0	-	-	100.00	
N° 4	4.75	69	6.90	6.90	93.10	28.00 gr
N° 08	2.36	106	10.60	17.50	82.50	MODULO DE FINURA
N° 16	1.18	179	17.90	35.40	64.60	
N° 30	0.6	227	22.70	58.10	41.90	
N° 50	0.30	250	25.00	83.10	16.90	
N° 100	0.15	89	8.90	92.00	8.00	
N° 200	0.074	52	5.20	97.20	2.80	2.93 OK
Platillo + finos		56	2.80	100.00	0.00	
Platillo		28				

CURVA GRANULOMÉTRICA

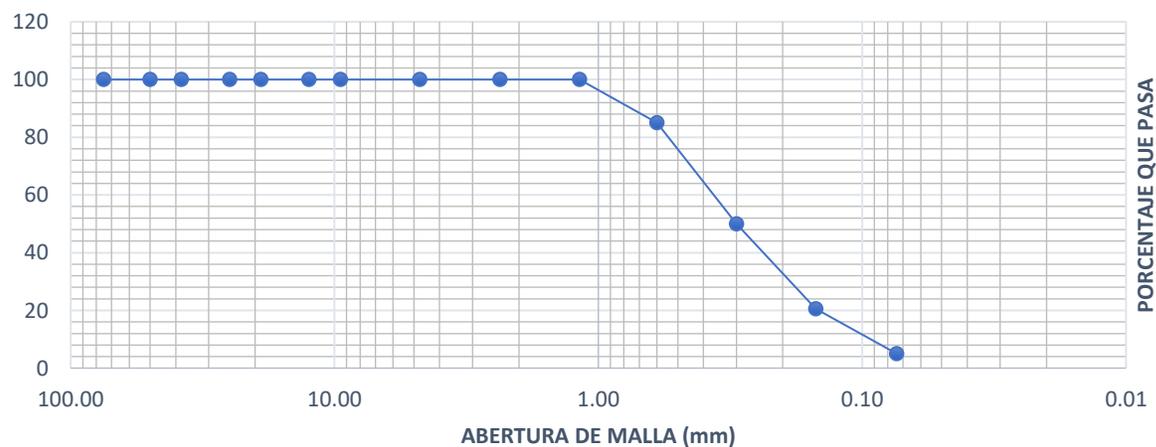


ANÁLISIS DE AGREGADO GRUESO						
ANÁLISIS POR TAMIZADO						
MUESTRA		TRES TOMAS				N. T. APLICADAS:
PESO MUESTRA (gr)		5000.00				NTP 400.012
PESO MUESTRA TAMIZADA (gr)		5000.00				
TAMICES ASTM (Pulg.)	ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		CARACTERISTICA DE TAMICES:
				RETENIDO (%)	PASA (%)	
3"	75.00	0	-	-	100.00	FINOS 28.00 gr
2"	50.00	0	-	-	100.00	
1 1/2"	38.10	0	-	-	100.00	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO 3/4"
1"	25.00	0	-	-	100.00	
3/4"	19.00	0	-	-	100.00	MAXIMO TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO 1/2"
1/2"	12.50	356	7.12	7.12	92.88	
3/8"	9.50	2420	48.40	55.52	44.48	El Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso no deberá ser mayor de:
N° 4	4.75	2196	43.92	99.44	0.56	
N° 8	2.36	0	-	99.44	0.56	a). 1/5 de la menor dimencion entre caras de encofrados
N° 16	1.18	0	-	99.44	0.56	
N° 30	0.6	0	-	99.44	0.56	b). 1/3 del peralte de losas
N° 50	0.30	0	-	99.44	0.56	
N° 100	0.15	0	-	99.44	0.56	c). 3/4 del espacio libre mínimo entre barras.
N° 200	0.074	0	-	99.44	0.56	
Platillo + finos		56	0.56	100.00	0.00	
Platillo		28				



ANÁLISIS DE PIEDRA POMEZ						
ANÁLISIS POR TAMIZADO						
MUESTRA		PLAYA PIMENTEL				N. T. APLICADAS:
PESO MUESTRA (gr)		200.00				NTP 400.012
PESO MUESTRA TAMIZADA (gr)		200.00				
TAMICES ASTM	ABERT.	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		CARACTERÍSTICA DE TAMICES:
(Pulg.)	(mm.)			RETENIDO (%)	PASA (%)	
3"	75.00	0	-	-	100.00	TAMICES ASTM E-11, DIAMETRO 8".
2"	50.00	0	-	-	100.00	
1 1/2"	38.10	0	-	-	100.00	
1"	25.00	0	-	-	100.00	
3/4"	19.00	0	-	-	100.00	
1/2"	12.50	0	-	-	100.00	
3/8"	9.50	0	-	-	100.00	
N° 4	4.75	0	-	-	100.00	
N° 08	2.36	0	-	-	100.00	
N° 16	1.18	0	-	-	100.00	
N° 30	0.6	30	15.00	15.00	85.00	N° 16
N° 50	0.30	70	35.00	50.00	50.00	
N° 100	0.15	59	29.50	79.50	20.50	MODULO DE FINURA
N° 200	0.074	31	15.50	95.00	5.00	
Platillo + finos		20	5.00	100.00	0.00	1.45
Platillo		10				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Contenido de Humedad

Tabla B1

Cont. de humedad de agregados y piedra pómez

Materiales	A. Fino	A. Grueso	P. Pómez
1.- P. Frasco + S. Húmedo	4199	8810	1369
2.- P. Frasco + S. Seco	4123	8780	1361
3.- P. de Agua	76	30	8
4.- P. de Frasco	365	545	369
5.- P. Suelo Seco	3758	8235	992
6.- Cont. Humedad %	2.02	0.36	0.81

Peso Unitario Suelto

Tabla B2

Peso unitario suelto del agregado fino y agregado grueso

Tipo de Muestra	A. Fino	A. Grueso
1. Peso Muestra + Molde	7051	11947
2. P. Molde	5550	8825
3. P. Muestra (1 – 2)	1501	3122
4. Vol. del Molde	948	2151
5. Peso Volumétrico. gr/cm³ (3 ÷ 4)	1.58	1.45

Tabla B3*Peso unitario suelto de la piedra pómez*

Tipo de Muestra	P. Pómez			Total
	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	
1. Peso Muestra + Molde	6825	6860	6840	
2. P. de Molde	5495	5495	5495	
3. P. de Muestra (1 – 2)	1330	1365	1345	
4. Volum. Molde	939	939	939	
5. Peso Volumétrico. G r/cm³ (3 ÷ 4)	1.42	1.45	1.43	1.43

Peso Unitario Varillado**Tabla B4***Peso unitario varillado del agregado fino y agregado grueso*

Tipo de muestra	A. Fino	A. Grueso
1. Peso Muestra + Molde	7245	12094
2. P. Molde	5550	8825
3. P. Muestra (1-2)	1695	3269
4. Volum. del Molde	948	2151
5. Peso Volumétrico. gr/cm³ (3 ÷ 4)	1.79	1.52

Tabla B5*Peso unitario varillado de la piedra pómez*

Tipo de Muestra	P. Pómez			Total
	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	
1. P. Muestra + Molde	6997	7034	7016	
2. P. de Molde	5495	5495	5495	
3. P. de Muestra (1 – 2)	1502	1539	1521	
4. Vol. del Molde	939	939	939	
5. Peso Volumétrico. gr/cm³ (3 ÷ 4)	1.60	1.64	1.62	1.62

Peso Específico**Tabla B6***Peso específico del agregado fino y agregado grueso*

A. Fino		A. Grueso	
Peso Específico: $W_0 / (V - V_a)$		Peso Específico: $A / (B - C)$	
W_0 = P. Muestra Seca al horno	497	A =P. M. Seca al horno	4000
V= Peso o Volumen del Frasco	500	B= P. M.S.S. Seca	4015
V_a = P. o Volumen de Agua Añadida	292	C= P. Muestra Sumergida	2512
Peso Específico gr/cm³:	2.45		2.66

Tabla B7*Peso específico de la piedra pómez*

Piedra Pómez	
Peso Específico: $W_0 / (V - V_a)$	
$W_0 =$ P. M. S. al horno	482
$V =$ P. o Vol. del Frasco	500
$V_a =$ P. o Vol. de Agua Añadida	300
Peso Específico gr/cm^3:	2.41

Grado de Absorción**Tabla B8***Grado de absorción del agregado fino, agregado grueso y piedra pómez*

A. Fino	A. Grueso	Piedra Pómez
$100 * (500 - W_0) / W_0$	$100 * (B - A) / A$	$100 * (500 - W_0) / W_0$
$W_0 = 497$ gr	$A = 4000$ gr	$W_0 = 482$ gr
	$B = 4015$ gr	
0.60	0.38	3.73

Ensayos del Concreto Fresco

Peso Unitario

Tabla B9

Peso unitario del concreto fresco

% Piedra Pómez	Peso (kg.)	Volumen (m³)	Peso unitario (kg/m³)	% Que Representa
0 %	12.98	0.0055	2360.00	100.00
10 %	12.72	0.0055	2312.73	98.00
20 %	12.68	0.0055	2305.45	97.69
30 %	12.58	0.0055	2287.27	96.92
40 %	12.40	0.0055	2254.55	95.53

Del concreto fresco, la propiedad de peso unitario incorporando piedra pómez, es cada vez menor, conforme se incrementa el porcentaje de participación de la piedra pómez molida, esto indica que se logra un concreto más ligero, llegando hasta un 4.47% de reducción en peso, cuando se le reemplaza al cemento en un 40% de piedra pómez.

*Asentamiento***Tabla B10***Asentamiento del concreto fresco*

% Piedra Pómez	Slump (pulgadas)	Slump de Diseño (pulgadas)
0 %	3.50	3.00 – 4.00
10 %	3.35	3.00 – 4.00
20%	3.25	3.00 – 4.00
30%	3.15	3.00 – 4.00
40%	3.00	3.00 – 4.00

Ensayo del Concreto Endurecido*Resistencia a la Compresión***Tabla B11***Resistencia a la compresión del concreto patrón*

Probetas Cilíndricas – f'c= 210 kg/cm²				
Probetas		Resistencia a la Compresión F'c= kg/cm²		
Ensayo	Edad	Rotura		
Resistencia a la	7 días	162.10	156.70	160.20
	14 días	205.70	198.80	203.20
Compresión	28 días	241.90	233.90	239.10

Tabla B12

Resistencia a la compresión con piedra pómez

Probetas Cilíndricas – $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$					
Probetas		Porcentaje de Piedra Pómez $f'c= \text{kg/cm}^2$			
Ensayo	Edad	10%	20%	30%	40%
Resistencia a la Compresión	7 días	159.6	144.0	143.1	105.9
		167.8	146.3	140.2	125.2
		158.1	147.7	140.9	121.2
		161.5	144.2	141.5	120.3
		159.7	146.0	141.0	119.7
		164.0	147.1	143.3	117.6
		160.4	146.4	142.7	121.4
		163.5	146.2	140.8	121.8
	14 días	196.8	166.7	161.9	126.6
		193.8	175.4	167.2	148.5
		199.7	170.5	164.2	135.5
		195.7	173.7	164.6	137.7
		197.5	174.8	163.5	137.6
		196.6	170.1	166.5	136.9
		198.1	168.9	165.9	135.8
		196.4	166.5	165.4	134.8
	28 días	231.0	202.9	178.7	137.7
		220.4	212.2	180.8	163.5
		234.3	208.4	178.6	150.9
		230.4	206.6	179.5	145.7
		232.1	208.6	178.2	155.6
		229.4	210.4	180.1	148.4
		226.1	207.5	178.3	150.7
		225.4	206.8	180.4	154.7

Apéndice C. Registro de Fotos

Figura C1

Extracción de la muestra



Figura C2

Muestra de Piedra Pumita



Figura C3

Chancado de la piedra pómez



Figura C4

Lavado y secado de la piedra pómez



Figura C5

Molienda de la piedra pómez en la máquina de los ángeles



Figura C6

Molienda manual de la piedra pómez



Figura C7

Molienda manual de la piedra pómez

**Figura C8**

Piedra pómez molida



Figura C9

Piedra pómez molida que pasa la malla n°200



Figura C10

Peso del agregado grueso para mezcla

**Figura C11**

Agregado fino y agregado grueso

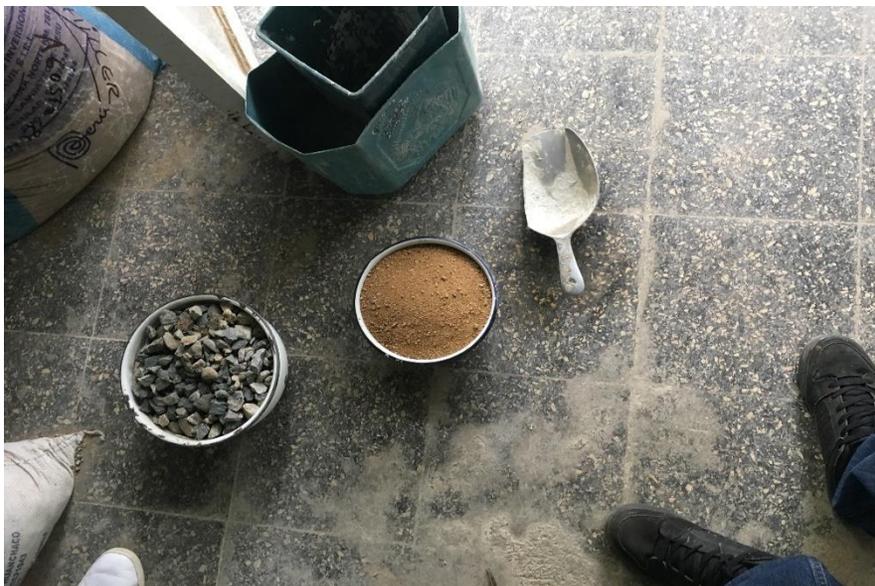


Figura C12

Peso de agregados



Figura C13

Peso del recipiente para ensayos

**Figura C14**

Agregado fino – análisis granulométrico



Figura C15

Piedra pómez – análisis granulométrico



Figura C16

Peso de la piedra pómez molida – contenido de humedad

**Figura C17**

Agregado grueso – peso unitario varillado



Figura C18

Arena gruesa – peso unitario suelto

**Figura C19**

Muestra con agregado fino – peso específico



Figura C20

Agregado grueso – peso específico



Figura C21

Piedra pómez molida llevado al horno – peso específico

**Figura C22**

Piedra pómez saturada – peso específico



Figura C23

Piedra pómez saturada – peso específico



Figura C24

Piedra pómez saturada – peso específico

**Figura C25**

Muestra del agregado fino – grado de absorción



Figura C26

Agregado fino – grado de absorción



Figura C27

Agregado fino – grado de absorción



Figura C28

Piedra pómez saturada – grado de absorción



Figura C29

Piedra pómez saturada – grado de absorción

**Figura C30**

Utilización de la mezcladora



Figura C31

Moldes limpios y listos para colocar muestras



Figura C32

Vaciado de mezcla al molde cilíndrico

**Figura C33**

Realización de testigos de concreto



Figura C34

Realización de testigos de concreto



Figura C35

Desenfofrado de probetas cilíndricas



Figura C36

Curado de testigos



Figura C37

Prensa para compresión de concreto

**Figura C38**

Probetas preparadas para ensayo en prensa



Figura C39

Probetas preparadas para ensayo en prensa

**Figura C40**

Probeta en prensa para compresión



Figura C41

Rotura de probetas



Figura C42*Rotura de probetas*

Figura C43

Rotura de probeta durante ensayo de compresión de concreto



Anexo. Normas Técnicas Peruanas

NTP 400.012 - Análisis Granulométrico

NORMA TÉCNICA	NTP 400.012
PERUANA	2013 (revisada el 2018)

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**AGREGADOS, Análisis granulométrico del agregado
fino, grueso y global**

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

2018-06-27
3ª Edición

R.D. N° 016-2018-INACAL/DN. Publicada el 2018-07-18

Precio basado en 15 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

— Descriptores: Agregado, agregado grueso, agregado fino, gradación, tamizado, análisis granulométrico

© INACAL 2018

NTP 339.185 - Contenido de Humedad

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 339.185 2013 (revisada el 2018)
----------------------------------	--

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

CONCRETE. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la norma ASTM C 566-13 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2018-06-27
2ª Edición

R.D. N° 016-2018-INACAL/DN. Publicada el 2018-07-18

Precio basado en 08 páginas

I.C.S.: 91.100.01

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregados, secado, contenido de humedad

NTP 400.017 - Peso Unitario de los Materiales

NORMA TÉCNICA	NTP 400.017
PERUANA	2011

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle De la Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados

AGGREGATE. Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 29/C29M-2009 Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2011-02-02
3^a Edición

R.0002-2011/ CNB- INDECOPI. Publicada el 2011-03-12 Precio basado en 14 páginas
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: Agregados, densidad de masa, agregado grueso, densidad, agregado fino, peso unitario, vacíos en agregados

NTP 400.021 - Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

**NORMA TÉCNICA
PERUANA****NTP 400.021
2013 (revisada el 2018)**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la
densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción
del agregado grueso**AGGREGATES. Standard test method for density, relative density (specific gravity) and absorption of
coarse aggregateEsta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C127-2012
Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse
Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA
19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International**2018-06-27
3ª Edición**R.D. N° 016-2018-INACAL/DN. Publicada el 2018-07-18
I.C.S.: 91.100.30Precio basado en 18 páginas
ESTA NORMA ES RECOMENDABLEDescriptores: Absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino;
densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INACAL 2018

NTP 400.022 - Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

**NORMA TÉCNICA
PERUANA****NTP 400.022
2013 (revisada el 2018)**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

AGGREGATES. Standard test method for density, relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C128-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. - Reimpreso por autorización de ASTM International

**2018-06-27
3ª Edición**

R.D. N° 016-2018-INACAL/DN. Publicada el 2018-07-18

Precio basado en 21 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

NTP 339.183 – Testigos de Concreto

**NORMA TÉCNICA
PERUANA****NTP 339.183
2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y
curado de especímenes de concreto en el laboratorio**

CONCRETE. Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory

2013-01-16
2ª Edición

R.0006-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-02-01 Precio basado en 24 páginas
L.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptores: hormigón, concreto, curado, laboratorio, curado de espécimen

© INDECOPI 2013

NTP 339.046 - Peso Unitario del Concreto

NORMA TÉCNICA	NTP 339.046
PERUANA	2008

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)

CONCRETE. Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C138 / C138M - 08 Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2008-09-03
2ª Edición

R.005-2008/INDECOPI-CNB. Publicada el 2008-09-26 Precio basado en 10 páginas
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: Contenido de aire, contenido de cemento, concreto, rendimiento relativo, peso unitario, rendimiento, hormigón, método de ensayo, densidad, método gravimétrico

NTP 339.035 - Asentamiento del Concreto

**NORMA TECNICA
PERUANA**

**NTP 339.035
2015**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Peru

**CONCRETO. Método de ensayo para la medición del
asentamiento del concreto de Cemento Portland**

Concrete Standard Test Method for measure slump of Portland Cement Concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL esta basada en la Norma ASTM C 143/C143:2012 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International , 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2015-12-22
4a Edición

R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31

Precio basado en 09 paginas

I.C.S.: 91.100.10

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad

© ASTM 2012 - ©INACAL 2015

NTP 339.034 – Resistencia a la Compresión del Concreto

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 339.034 2015
----------------------------------	-----------------------------

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2015-12-22
4ª Edición

R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31

Precio basado en 19 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 003-2023-FICSA - D



Siendo las 11:00am horas del día 09 de enero del 2023, se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/wiy-dwjo-mej>, los miembros de jurado de la Tesis titulada: "FABRICACION DE CONCRETO NORMAL EMPLEANDO PIEDRA POMEZ COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO" con código de proyecto IC_V_2021_010, designados por Resolución Decanal Virtual 107-2021-UNPRG-FICSA, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

DR. ING. JUAN HERMÁN FARIÁS FEIJOO
MG. ING. NELSON ENRIQUE HUANGAL CASTAÑEDA
ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA

PRESIDENTE
SECRETARIO
VOCAL

Asesorado por el Docente: DR. ING. CARLOS ERNESTO MONDRAGON CASTAÑEDA

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL No 10-2023-UIFICSA, la Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres ROY LEW SOLIS PRADO Y CESAR HUMBERTO MONTALVO ZAVALETA, tuvo una duración de 50 minutos. Después de la sustentación absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado, se procedió a la calificación respectiva:

ROY LEW SOLIS PRADO	18	DIECIOCHO	MUY BUENO
CESAR HUMBERTO MONTALVO ZAVALETA	18	DIECIOCHO	MUY BUENO

Por lo que quedan APTOS para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y de Arquitectura, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:00 pm horas, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.


DR. ING. JUAN HERMÁN FARIÁS FEIJOO
PRESIDENTE


MG. ING. NELSON ENRIQUE HUANGAL CASTAÑEDA
SECRETARIO


ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA
VOCAL


DR. ING. CARLOS ERNESTO MONDRAGON CASTAÑEDA
ASESOR




DR. ING. SERGIO BRAVO IDROGO
DECANO

CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Dr. Ing. Carlos Ernesto Mondragón Castañeda, Asesor de tesis de los bachilleres: **ROY LEW SOLIS PRADO Y CESAR HUMBERTO MONTALVO ZAVALETA**

Titulada:

FABRICACION DE CONCRETO NORMAL EMPLEANDO PIEDRA POMEZ COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 16 % verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 04 de noviembre de 2022



DR. ING. CARLOS E. MONDRAGÓN CASTAÑEDA
DNI: 16425252
ASESOR

Se adjunta:

Resumen del Reporte (Con porcentaje y parámetros de configuración)

Recibo digital

"FABRICACION DE CONCRETO NORMAL EMPLEANDO PIEDRA POMEZ COMO SUSTITUYENTE DEL CEMENTO"

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
6	1library.co Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	es.scribd.com Fuente de Internet	



Dr. Ing. Mondragón Castañeda, Carlos Ernesto

<1 %

10

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

11

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

12

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

13

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

<1 %

14

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

m.repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

16

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

17

Submitted to Universidad Militar Nueva Granada

Trabajo del estudiante

<1 %

18

ribuni.uni.edu.ni

Fuente de Internet

<1 %

19

repositorio.puce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

20

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet



<1 %

21

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

bibliotecasdelecuador.com

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

es.wikipedia.org

Fuente de Internet

<1 %

26

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

27

prezi.com

Fuente de Internet

<1 %

28

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

29

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

30

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Trabajo del estudiante

<1 %

31

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet



Dr. Ing. Mondragón Castañeda, Carlos Ernesto

<1 %

32

repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

33

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



Dr. Ing. Mondragón Castañeda, Carlos Ernesto

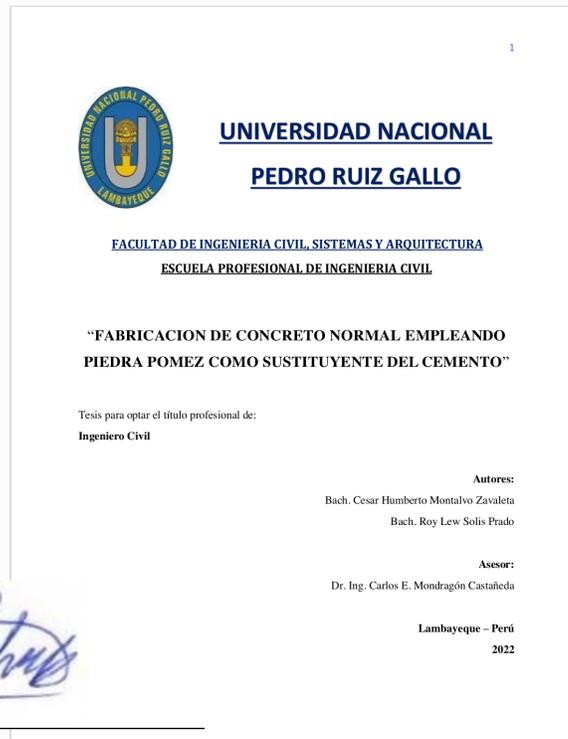


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Cesar Humberto Y Roy Lew Montalvo Zavaleta Y Solis Prado
Título del ejercicio: Tesis Pregrado
Título de la entrega: "FABRICACION DE CONCRETO NORMAL EMPLEANDO PIEDRA ...
Nombre del archivo: Informe_de_tesis_-_PIEDRA_P_MEZ_-_Final.pdf
Tamaño del archivo: 6.88M
Total páginas: 120
Total de palabras: 14,171
Total de caracteres: 73,369
Fecha de entrega: 04-nov.-2022 05:54p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 1944882557



Dr. Ing. Mondragón Castañeda, Carlos Ernesto