



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE CENIZAS DE LADRILLOS ARTESANALES  
EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES  
DE CONCRETO, TRUJILLO 2019

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Br. Hilder Cruz Garcia

**Asesor:**

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo – Perú

2019

## DEDICATORIA

*Agradezco a Dios todo poderoso por guiarme por el buen camino, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en las dificultades que se presentaban, y por bendecirme de estar rodeado de gente que me apoya.*

*A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, consejos, valores, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles. y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.*

*Al programa PRONABEC por haberme brindado una beca integral completa, para poder estudiar y cumplir mis metas y sueños.*

## AGRADECIMIENTO

*Ante todo, agradezco a Dios por haberme permitido vivir este día, haberme guiado a lo largo de mi vida y culminar con éxito mis estudios universitarios, por ser mi apoyo, mi luz y camino. Por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de dificultad.*

*Le doy gracias a mis padres Lorenza y Julián por todo el apoyo incondicional y por todos los sacrificios que han hecho para poder darme lo mejor sin importar las circunstancias, a mi hermana Adali y a mis hermanos Herman y Hiver la cual son mi motivación para salir adelante.*

*Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y lograr cumplir mi sueño de ser un buen profesional, de manera muy especial doy gracias a la señorita Virginia y al equipo de PRONABEC – LA LIBERTAD por sus consejos constantes y sus palabras motivadoras.*

*A mis profesores e ingenieros por brindarme los conocimientos adecuados. También a mis amigos y compañeros de la universidad que conocí durante estos 5 años de estudios por su apoyo moral e incondicional.*

## INDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	15
1.1. Realidad problemática.....	15
1.1.1. Problema de investigación .....	15
1.1.2. Antecedentes.....	21
1.1.3. Bases teóricas.....	25
1.1.3.1. Adoquines de concreto.....	25
1.1.3.2. Concreto.....	25
1.1.3.3. Materiales.....	26
1.1.3.3.1. Cemento portland .....	26
1.1.3.3.2. Agua .....	26
1.1.3.3.3. Agregados.....	27
1.1.3.3.3.1. Caracterización de agregados.....	27
1.1.3.3.3.1.1. Contenido de humedad según la NTP 339.185.....	27
1.1.3.3.3.1.2. Granulometría según la NTP 400.012.....	28
1.1.3.3.3.1.3. Peso unitario según la NTP 400.017 .....	29
1.1.3.3.3.1.4. Absorción del agregado según la NTP 400.021 y NTP 400.022 .....	30
1.1.3.3.3.1.5. Peso específico según la NTP 400.021 y NTP 400.022.....	31
1.1.3.3.4. Ceniza de ladrillos artesanales.....	32
1.1.3.3.4.1. Definición.....	32
1.1.3.3.4.2. Cocción de ladrillos.....	32
1.1.3.3.4.3. Clasificación de puzolanas según la NTP 334.104.....	35
1.1.3.3.4.4. Clasificación por su origen.....	36
1.1.3.3.4.5. Residuos agrícola como adición al concreto .....	37
1.1.3.3.4.6. Uso de las puzolanas .....	38
1.1.3.3.4.7. Ventajas de la adición de cenizas .....	38
1.1.3.4. Diseño de mezcla de concreto.....	39
1.1.3.5. Requisitos mínimos de calidad de los adoquines de concreto.....	43

1.1.3.6.	Resistencia a la compresión de los adoquines del concreto .....	43
1.1.3.7.	Estadística .....	45
1.1.3.7.1.	Muestra .....	45
1.1.3.7.2.	Desviación estándar .....	46
1.1.3.7.3.	Coefficiente de variación .....	46
1.1.3.7.4.	Test de Shapiro-Wilk.....	47
1.1.3.7.5.	Test de Levene.....	47
1.1.3.7.6.	ANOVA.....	48
1.1.3.7.7.	Statistical Package for the Social Sciencies (SPSS) .....	48
1.1.3.8.	Definición de términos básicos .....	49
1.2.	Fórmulación del problema.....	50
1.3.	Justificación.....	50
1.4.	Objetivos .....	51
1.4.1.	Objetivo general.....	51
1.4.2.	Objetivos específicos .....	51
1.5.	Hipótesis.....	52
1.5.1.	Hipótesis General.....	52
1.5.2.	Hipótesis específicas: .....	53
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA .....		58
2.1.	Operacionalización de variables.....	58
2.1.1.	Variable dependiente .....	58
2.2.	Diseño de investigación.....	59
2.3.	Unidad de estudio.....	59
2.4.	Población.....	60
2.5.	Muestra.....	60
2.6.	Técnicas e instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	64
2.6.1.	Técnicas de recolección de datos. ....	64
2.6.2.	Instrumentos de recolección de datos .....	64
2.6.3.	Procedimiento de recolección de datos .....	65
2.6.3.1.	Obtención y caracterización de insumos .....	66
2.6.3.1.1.	Obtención de insumos .....	66

2.6.3.1.2.	Caracterización de los agregados.....	66
2.6.3.1.2.1.	Granulometría del agregado grueso y fino .....	66
2.6.3.1.2.2.	Contenido de humedad.....	69
2.6.3.1.2.3.	Peso unitario.....	70
2.6.3.1.2.4.	Gravedad específica y absorción .....	71
2.6.3.1.2.5.	Peso específico y absorción.....	74
2.6.3.2.	Trabajos de gabinete.....	76
2.6.3.2.1.	Diseño de mezcla según ACI 211.....	76
2.6.3.2.2.	Elaboración de probetas.....	80
2.6.3.2.2.1.	Dosificación .....	80
2.6.3.2.2.2.	Preparación de la mezcla.....	80
2.6.3.2.2.3.	Asentamiento del concreto .....	80
2.6.3.2.2.4.	Llenado de la mezcla al molde.....	80
2.6.3.2.2.5.	Secado .....	80
2.6.3.2.2.6.	Curado.....	81
2.6.3.2.3.	Propiedades mecánicas .....	81
2.6.3.2.3.1.	Resistencia a la compresión .....	81
2.6.3.2.3.2.	Absorción .....	82
2.7.	Métodos, instrumentos y procedimiento de análisis de datos.....	83
2.7.1.	Método de análisis de datos .....	83
2.7.2.	Instrumento de análisis de datos .....	83
2.7.3.	Procedimiento de análisis de datos .....	83
CAPÍTULO 3. RESULTADOS .....		85
3.1	Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP400.012).....	85
3.1.1.	Agregado fino .....	85
3.1.2.	Agregado grueso .....	86
3.2.	Contenido de humedad del agregado (NTP 339.185) .....	87
3.2.1.	Agregado fino .....	87
3.2.2.	Agregado grueso .....	88
3.3.	Peso unitario de los agregados (NTP400.022) .....	88
3.3.1.	Peso unitario seco suelto del agregado fino .....	88

3.3.2.	Peso unitario seco suelto del agregado grueso .....	89
3.3.3.	Peso unitario compactado del agregado fino.....	89
3.3.4.	Peso unitario compactado del agregado grueso .....	90
3.4.	Peso específico y absorción de los agregados .....	90
3.4.1.	Peso específico y absorción del agregado fino (400.022).....	90
3.4.2.	Peso específico y absorción del agregado grueso (400.021).....	91
3.5.	Diseño de mezcla (ACI 211) .....	91
3.6.	Asentamiento del concreto .....	93
3.7.	Resistencia a la compresión .....	94
3.8.	Prueba de Hipótesis para probetas ensayadas a los 3 días de curado .....	96
3.9.	Prueba de Hipótesis para probetas ensayadas a los 7 días de curado .....	99
3.10.	Prueba de Hipótesis para probetas ensayadas a los 28 días de curado .....	102
3.11.	Absorción.....	105
3.12.	Prueba de Hipótesis para probetas ensayadas a la absorción .....	107
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....		110
4.1	Discusión.....	110
4.1.1.	Caracterización de agregados.....	110
4.1.2.	Diseño de mezcla del concreto.....	111
4.1.3.	Asentamiento del concreto.....	111
4.1.4.	Resistencia a la compresión .....	111
4.1.5.	Absorción.....	114
4.2.	CONCLUSIONES .....	115
RECOMENDACIONES .....		116
REFERENCIAS .....		117
ANEXOS.....		122

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Masa mínima de agregado para ensayo de humedad.....	27
Tabla 2: Muestra mínima para granulometría del agregado grueso .....	29
Tabla 3: Muestra mínima para ensayo de absorción del agregado grueso.....	30
Tabla 4: Muestra mínima para ensayo de densidad del agregado grueso .....	31
Tabla 5: Requisitos químicos de las puzolanas .....	35
Tabla 6: Requisitos físicos de las puzolanas.....	36
Tabla 7: Resistencia requerida.....	39
Tabla 8: Cantidad de agua con respecto al asentamiento .....	40
Tabla 9: Contenido de aire atrapado.....	40
Tabla 10: Relación agua/cemento por resistencia para $f'_{cr}$ .....	41
Tabla 11: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/b0) .....	42
Tabla 12: Resistencia a la compresión del adoquín.....	44
Tabla 13: Tolerancia dimensional .....	44
Tabla 14: Límites de absorción .....	44
Tabla 15: Hipótesis general .....	52
Tabla 16: Hipótesis específica 01 .....	53
Tabla 17: Hipótesis específica 02.....	54
Tabla 18: Hipótesis específica 03.....	55
Tabla 19: Hipótesis específica 04.....	56
Tabla 20: Hipótesis específica 05.....	57
Tabla 21: Operacionalización de variables.....	58
Tabla 22: Valores de la distribución normal estandarizada .....	61
Tabla 23: Resultados de probetas patrón.....	62
Tabla 24: Muestra de especímenes de concreto para resistencia a la compresión.....	63
Tabla 25: Muestra de especímenes de concreto para absorción .....	63
Tabla 26: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global .....	67
Tabla 27: Tamices empleados para agregado fino.....	68
Tabla 28: Tamices empleados para agregado grueso .....	68
Tabla 29: Masa mínima de muestra para el ensayo .....	74

Tabla 30: Resistencia a la compresión requerida .....	76
Tabla 31: Asentamiento según según el tipo de estructuras .....	76
Tabla 32: Volumen de Agua por m3. Agua en litros/m3 para TNM de agregados y consistencia .....	77
Tabla 33: Contenido de aire atrapado.....	77
Tabla 34: Relación agua/cemento por resistencia para $f'_{cr}$ .....	78
Tabla 35: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/b0) .....	79
Tabla 36: Análisis granulométrico del agregado fino.....	85
Tabla 37: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	86
Tabla 38: Contenido de humedad del agregado fino .....	87
Tabla 39: Contenido de humedad del agregado grueso .....	88
Tabla 40: Peso unitario seco suelto agregado fino .....	88
Tabla 41: Peso unitario seco suelto agregado grueso .....	89
Tabla 42: Peso unitario seco compactado del agregado grueso.....	89
Tabla 43: Peso unitario seco compactado del agregado grueso.....	90
Tabla 44: Peso específico y absorción del agregado fino .....	90
Tabla 45: Peso específico y absorción del agregado grueso.....	91
Tabla 46: Características de los agregados.....	92
Tabla 47: Cantidad de material para cada dosificación.....	92
Tabla 48: Asentamiento del concreto .....	93
Tabla 49: Resistencia a la compresión a los 3 días de curado .....	94
Tabla 50: Resistencia a la compresión a los 7 días de curado .....	95
Tabla 51: Resistencia a la compresión a los 28 días de curado .....	96
Tabla 52: Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión .....	97
Tabla 53: Análisis de normalidad.....	98
Tabla 54: Análisis de Homogeneidad de varianzas .....	98
Tabla 55: Prueba de hipótesis, Anova .....	99
Tabla 56: Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión .....	100
Tabla 57: Análisis de normalidad.....	101
Tabla 58: Análisis de Homogeneidad de varianzas .....	101
Tabla 59: Prueba de hipótesis, ANOVA .....	102
Tabla 60: Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión .....	103

Tabla 61: Análisis de normalidad.....	104
Tabla 62: Análisis de Homogeneidad de varianzas .....	104
Tabla 63: Prueba de hipótesis, Anova .....	105
Tabla 64: Resultados de absorción de probetas patrón.....	105
Tabla 65: Resultados de absorción con 5% de cenizas de ladrillos artesanales.....	106
Tabla 66: Resultados de absorción de probetas con 10% de cenizas de ladrillos artesanales .....	106
Tabla 67: Resultados de absorción de probetas con 15% de cenizas de ladrillos artesanales .....	106
Tabla 68: Resultados de absorción de probetas con 20% de cenizas de ladrillo artesanales .....	107
Tabla 69: Resultados de absorción de probetas con 25% de cenizas de ladrillos arteanales .....	107
Tabla 70: Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión .....	108
Tabla 71: Análisis de normalidad.....	109
Tabla 72: Análisis de Homogeneidad de varianzas .....	109
Tabla 73: Prueba de hipótesis, Anova .....	110
Tabla 74: Promedios de resultados a compresión.....	112
Tabla 75: Precios para una tanda de 625 adoquines .....	113
Tabla 76: Resistencia a la compresión requerida .....	125
Tabla 77: Asentamiento según el tipo de estructuras .....	126
Tabla 78: Volumen de Agua por m3. Agua en litros/m3 para TNM de agregados y consistencia.....	126
Tabla 79: Contenido de aire atrapado.....	127
Tabla 80: Relación agua/cemento por resistencia para $f^{\circ}cr$ .....	128
Tabla 81: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/b0) .....	129
Tabla 82: Cantidades de materiales.....	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pavimento de adoquín .....	25
Figura 2: Cemento Mochica .....	26
Figura 3: Horno intermitente con suelo y muros laterales.....	34
Figura 4: Ceniza volante y micrografía de partículas de ceniza volante .....	37
Figura 5: Diseño de investigación.....	59
Figura 6: Diseño de investigación.....	60
Figura 7: Procedimiento de recolección de datos.....	65
Figura 8: Curva granulométrica del agregado fino.....	86
Figura 9: Curva granulométrica del agregado grueso.....	87
Figura 10: Comparación de la resistencia a la compresión .....	112
Figura 11: Absorción.....	114
Figura 12: Curva de influencia a los 3 días de curado .....	132
Figura 13: Curva de influencia a los 7 días de curado .....	132
Figura 14: Curva de influencia a los 28 días de curado .....	133
Figura 15: Curva de influencia de las probetas patrón según el tiempo de curado.....	133
Figura 16: Curva de influencia de las probetas con 5% de cenizas según el tiempo de curado .....	134
Figura 17: Curva de influencia de las probetas con 10% de cenizas según el tiempo de curado .....	134
Figura 18: Curva de influencia de las probetas con 15% de cenizas según el tiempo de curado .....	135
Figura 19: Curva de influencia de las probetas con 20% de cenizas según el tiempo de curado .....	135
Figura 20: Curva de influencia de las probetas con 25% de cenizas según el tiempo de curado .....	136
Figura 21: Curva de influencia de absorción.....	136
Figura 22: Cantera El Milagro.....	141
Figura 23: Peso unitario compactado del agregado.....	142
Figura 24: Granulometría del agregado fino y grueso .....	142
Figura 25: Peso unitario del agregado fino compactado .....	143
Figura 26: Absorción del agregado grueso.....	143
Figura 27: Absorción agregado fino.....	144
Figura 28: Ladrillera flores .....	145
Figura 29: Cenizas de ladrillos artesanales expuestos a la contaminación del medio ambiente .....	145

Figura 30: Curado de adoquines .....	146
Figura 31: Mezcla del concreto .....	146
Figura 32: Medición de los adoquines .....	147
Figura 33: Ensayo de resistencia a la compresión .....	148
Figura 34: Falla del adquin a la resistencia a la compresión, vista en planta .....	148
Figura 35: Secado de adoquines para el ensayo de absorción .....	149
Figura 36: Adoquines puestos al horno para calcular la absorción.....	149

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en Trujillo, en la Universidad Privada del Norte, tiene como finalidad determinar la influencia del porcentaje de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines tipo II; reduciendo de tal manera costos y la contaminación ambiental. Para la realización de la tesis se utilizó un diseño experimental puro, el muestreo fue probabilístico utilizando como antecedentes estudios anteriores de adoquines de concreto, la recolección de datos se realizó con la técnica de la observación, el instrumento utilizado fue la guía de observaciones, para analizar los datos se empleó a la inferencia estadístico. Está investigación se basó en muestras de probetas de adoquines de concreto, las cuales fueron elaborados con cemento MS, agregado fino y grueso de la cantera el Milagro. De los resultados obtenidos se determinó los promedios para cada adición que fueron los siguientes, con 5%, 10%, 15%, 20% y 25% se realizaron 9 probetas por adición, 3 ensayadas a los 3 días, 7 días y 28 días, también se evaluó el porcentaje de absorción utilizando 3 probetas por adición. Finalmente se determinó que el promedio de adoquines con 10 % de cenizas de ladrillos artesanales presenta una mayor resistencia a los 28 días de curado de 385.29 kg/cm<sup>2</sup>, por otro lado el promedio de los adoquines con 15 % de adición superan la resistencia de 340 kg/cm<sup>2</sup> que señala la NTP 399.611, por la cual también pueden ser utilizados. La investigación concluye que los adoquines con 10% de adición de cenizas de ladrillos artesanales tienen mayor influencia en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo II para uso de vehículos ligeros.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in Trujillo, at the Universidad Privada del Norte, aims to determine the influence of the percentage of ashes of artisanal bricks on the compressive strength of type II paving stones; thereby reducing costs and environmental pollution. For the realization of the thesis a pure experimental design was used, the sampling was probabilistic using as background previous studies of concrete pavers, the data collection was done with the technique of observation, the instrument used was the observation guide, to analyze the data, statistical inference was used. This research was based on samples of concrete pavers, which were made with MS cement, fine and coarse aggregate from El Milagro quarry. From the results obtained, the averages for each addition were determined, which were the following, with 5%, 10%, 15%, 20% and 25% 9 samples were made by addition, 3 tested at 3 days, 7 days and 28 days, the percentage of absorption was also evaluated using 3 samples per addition.

Finally, it was determined that the average of paving stones with 10% of ashes of handmade bricks presents a greater resistance to the 28 days of curing of 385.29 kg / cm<sup>2</sup>, on the other hand, the average of the paving stones with 15% addition exceed the resistance of 340 kg / cm<sup>2</sup> indicated by the NTP 399.611, by which they can also be used. The research concludes that paving stones with 10% addition of artisan brick ash have a greater influence on the compressive strength of type II concrete pavers for the use of light vehicles.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

#### **1.1.1. Problema de investigación**

El transporte es un medio de comunicación muy importante que nos permite estar unidos con diferentes regiones o pueblos, logrando de esta manera un desarrollo adecuado. Hace millones de años el hombre por la necesidad de transportarse y lograr salir de su zona de confort descubrió que podía movilizarse mediante animales de carga que ellos mismos domesticaban y a medida que fue pasando el tiempo el transporte fue evolucionando. Hoy en día existen muchas maneras de viajar o transportarse de un lugar a otro, una de ellas es por medio de las carreteras. Las más antiguas fueron construidas por los romanos aproximadamente en el año 312 a.C. (Tovar, 2008).

En Alemania y Países Bajos, después de haber culminado la segunda guerra mundial surgió la idea de realizar adoquines de concreto, debido a que estos tenían ventajas de resistencia a la compresión, abrasión y durabilidad sobre adoquines elaborados de madera, arcillas y piedras. Para la fabricación de estos adoquines se utilizaban moldes individuales. (Salguero Caicedo, 2013).

En México e Inglaterra establecieron que para obtener adoquines de buena resistencia a la compresión y durabilidad se tiene que diseñar con una resistencia cilíndrica del concreto con  $f'c$  40MPa, que logren cumplir con las especificaciones técnicas, de esta manera lograr tener un producto de calidad. (Martínez Mayancela, 2016).

En Brasil como en otros países europeos se ha dado importancia de utilizar pavimentos con adoquines, puesto que se pueden utilizar en plazas, áreas recreativas, parques o estacionamientos, aeropuertos y puertos, por ello utilizan maquinas pavimentadoras de

adoquines logrando de esta manera avanzar en la construcción de cualquier proyecto, otra de las causas que es utilizado en estos países es la estética porque pueden pintarse de cualquier color y la resistencia a la compresión, además estos son permeables para época de lluvias. (Montiel, 2017).

En nuestro país los pavimentos adoquinados se han venido desarrollando principalmente en plazas, veredas y calles de paseo peatonal, debido a que los bloques de concreto tienen ventaja de resistencia a la compresión, estética, durabilidad más que otros pavimentos, por otro lado, su fabricación es fácil. (Barrantes y Holguin, 2015).

En nuestro país en vías de desarrollo, a diferencia de otros países desarrollados, el costo de los materiales de construcción es muy importante para los clientes, ya que la mayoría de personas son de bajos recursos económicos. Uno de los insumos más caros en la ejecución de obras es el cemento, por ello tratando de minimizar este producto se adicionará en su reemplazo puzolanas naturales en los morteros, por otro lado, se logrará mejorar las propiedades del concreto, además disminuir el impacto ambiental. (Villegas, 2012).

En la ciudad de Trujillo se han venido utilizando adoquines en varios lugares como la calle Pizarro en el centro histórico y algunas veredas a sus alrededores, los pavimentos adoquinados hoy en día se han visto afectados debido al mal diseño y a la selección de los materiales. Otro factor que ha deteriorado los pavimentos adoquinados son los salitres y las lluvias producto del cambio climático, estas causas no han permitido que los adoquines tengan una buena resistencia a la compresión. (Barrantes y Holguin, 2015).

Las normativas y/o entidades encargadas de controlar la calidad de los pavimentos adoquinados en las vías de nuestro país son básicamente dos; Norma CE.010-Pavimentos Urbanos

establecido por el Reglamento Nacional de Edificaciones y el manual de carreteras establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

La adición de ceniza volante influye en la resistencia a la compresión de un concreto requiriendo de una dosificación que se encuentre entre el 1.5% y 6%, para aumentar considerablemente su resistencia, lo que quiere decir que en una estructura puede resistir mucha más carga para la que fue diseñada antes del colapso, por otro lado, se logró disminuir considerablemente la permeabilidad. (Contreras y Peña, 2017).

El porcentaje de ceniza volante como sustituyente del cemento influye aumentando la resistencia a la compresión hasta un 20% de reemplazo a partir de allí la resistencia disminuye y el porcentaje de absorción no se ve afectada hasta el 20%, pero a porcentajes superiores la absorción de agua incrementó”, por otro lado, se logró que para adoquines el porcentaje de cenizas que debe ser utilizado es entre 10 a 30 % en este rango presentan una adecuada resistencia a la compresión y absorción. (Barrantes y Holguin, 2015).

La resistencia a la compresión de adoquines presenta una serie de investigaciones el cual demuestra básicamente que debido a su resistencia y a la estética que tiene es una buena idea de emplearlos en obras de plazas, calles, avenidas, veredas, estacionamientos, aeropuertos entre otros pavimentos, por otro lado, para la elaboración de estos adoquines se debe utilizar materiales adecuados, por esos motivos las investigaciones que aporten a este tema se tendrán en cuenta porque brindan una información muy importante. En nuestro país hoy en día se encuentra en un desarrollo enorme en el campo de la construcción es por ello que se necesitan profesionales que brinden una buena información, logrando de esta manera tener pavimentos de calidad.

UNICON es una empresa líder en el mercado peruano con más de 50 años de experiencia en la producción de concreto premezclado, además ofrece soluciones integrales hechas a medida de la obra. Enfocados a brindar sus servicios y productos de calidad satisfaciendo al cliente y promoviendo el desarrollo y bienestar de su personal, esta empresa se encarga de fabricar adoquines de concreto con todas las características que brinda la Norma Técnica Peruana 399.611 “Adoquines de Concreto para Pavimentos”, para ser empleados tanto en pavimentos vehiculares como peatonales.

Pacasmayo tiene 55 años de experiencia y es una de las principales empresas en el Perú que se dedica a la fabricación y comercialización de cemento, cal, agregados, concreto premezclado, elementos prefabricados y otros materiales de construcción, cuenta con una moderna planta en La Libertad, Rioja y Sechura. Esta empresa se encarga de fabricar adoquines de concreto, elaborados con una mezcla de arena, piedra, agua y cemento a través de un proceso industrial de vibro-compresión en moldes. Las formas y colores de este producto pueden ser diferentes, pueden ser utilizados en pavimentos desde patios y veredas hasta pistas de aterrizaje en aeropuertos

La Municipalidad Distrital de Santa María Del Valle ejecutó el proyecto sobre el Mejoramiento de vías con pavimentos y veredas de tipo adoquinados entre las avenidas la Republica y los Jirones Leoncio Prado y 28 de Julio de la localidad del Valle, distrito de Santa María Del Valle–Huanuco”, determinó que la calidad de los pavimentos está relacionada con la estética y resistencia a la compresión, porque estos soportaran cargas vehiculares y muchos factores climáticos que hoy en día se dan debido al cambio climático, una de las alternativas es utilizar pavimentos adoquinados, pero por otro lado debemos tener en consideración que debemos utilizar diseños y materiales adecuados, porque en la actualidad muchas obras ejecutadas se ven afectadas por el mal diseño de los pavimentos adoquinados, y por el mal uso de materiales.

En otros países como Brasil y Europa para la ejecución de obras de pavimentos adoquinados cuentan con máquinas pavimentadoras de adoquines, esto hace más fácil el trabajo y en menos tiempo, además su colocación sobre la superficie es adecuada (Montiel, 2017), sin embargo, en nuestro país existen pocas máquinas pavimentadoras por lo que los trabajadores colocan los adoquines de manera manual, causando que estos estén más propensos a sufrir fallas de resistencia debido a estar mal colocados, por otro lado los adoquines ayudan a que la ciudad se vea bien estéticamente.

En Trujillo se han venido utilizando adoquines para la pavimentación de varios lugares, esperando obtener pavimentos de calidad a largo plazo, pero estos materiales en su corto tiempo de servicio han sufrido degradación por salitre y pérdida de su resistencia adecuada generando peligro para los peatones, por lo que las entidades públicas se vieron obligados a hacer un cambio de pavimentos como es el caso del centro histórico de Trujillo. (Barrantes y Holguin, 2015). Esto nos ayuda a identificar las distintas fallas de este producto a causa de los problemas climáticos, por el cual nos permite buscar alternativas para mejorar en este aspecto, por otro lado, tener un producto menos costoso, durabilidad en el tiempo de desempeño, y de esta manera lograr la calidad de los pavimentos adoquinados.

La importancia de realizar esta tesis es adquirir el debido conocimiento de la resistencia a la compresión de adoquines añadiendo cenizas de ladrillos artesanales por cemento, para luego implementar en el sistema de pavimentos, logrando obtener un pavimento de adoquines de calidad que pueda resistir a cargas vehiculares y a factores del cambio climático, para luego ser aplicado por las entidades públicas en proyectos del área de transporte.

Los adoquines de concreto en la ciudad de Trujillo requieren ser de mejor calidad, una de las alternativas es mejorar sus propiedades mecánicas, disminuir los costos de fabricación,

minimizar los daños al medio ambiente y lo más importante que tenga mucha durabilidad en los años de su servicio. Como una de las opciones es utilizar adoquines de concreto adicionando cenizas de ladrillos artesanales, de esta manera analizaremos que porcentaje de dosificación es el más adecuado.

La fabricación y construcción sostenible utilizando nuestros recursos naturales disponibles para la construcción de adoquines, el reciclaje y la reutilización de materiales que ayuden a disminuir la contaminación ambiental, nos lleva a un cambio de mentalidad en la industria de la construcción de pavimentos.

El desarrollo y comparación de los sistemas de construcción de nuestro país es muy importante porque se va a mejorar las condiciones ambientales y ahorrar recursos, esta idea está relacionada al buen uso de materiales y estrategias que cumplan con el concepto de calidad de una obra o producto. La tecnología del concreto y el mejoramiento de las condiciones mecánicas se adaptan a los adoquines elaborados con adición de cenizas de ladrillos artesanales, logrando los siguientes beneficios: disminuye el riesgo a sufrir accidentes, no genera incomodidad a los peatones, tiene una buena estética ya que estos productos se pueden pintar, por otro lado al emplear las cenizas de ladrillos artesanales se está reduciendo la contaminación ambiental, debido a que están en la intemperie propensas a dañar la salud de las personas. La finalidad de esta investigación es hallar la influencia que generan los adoquines de concreto añadiendo cenizas de ladrillos artesanales y de esta manera encontrar la dosificación más adecuada en nuestra mezcla de elaboración de adoquines cumpliendo con los requisitos mínimos que estipula la Norma Técnica Peruana 399.611.

### 1.1.2. Antecedentes

1.1.2.1. Título: "INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE REEMPLAZO DE CENIZA VOLANTE POR CEMENTO, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN LA FABRICACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO LIVIANO.", Barrantes y Holguin (2015) Determinan y explican la influencia del porcentaje de reemplazo de ceniza volante por cemento, sobre la resistencia a la compresión y absorción en la fabricación de adoquines de tránsito liviano, se planteó un diseño unifactorial, con 6 niveles para el porcentaje de reemplazo de ceniza volante por cemento (0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%), Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión en función al porcentaje de ceniza volante de reemplazo por cemento de un adoquín modificado a base de cemento Pacasmayo tipo I. Se determinó que el porcentaje de ceniza volante como sustituyente del cemento influyó aumentando la resistencia a la compresión hasta un 20% de reemplazo a partir de allí la resistencia disminuyó y el porcentaje de absorción no se ve afectada hasta el 20%, pero a porcentajes superiores la absorción de agua incrementó.

Esta investigación aportará un análisis adicional ya que se estableció una relación de adición de cenizas al concreto, y se obtuvo que a partir del 10 % al 30% de adición de ceniza, los adoquines presentan mejores resultados de resistencia a la compresión.

1.1.2.2. Título: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO ADICIONADO CON CENIZA DE RASTROJO DE MAÍZ ELABORADO CON AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE CUNYAC Y VICHO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN DE CALIDAD  $f'c=210$  KG/CM<sup>2</sup>". Galicia y Velásquez Analizaron (2016) comparativamente la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y consistencia de un concreto adicionado con diferentes porcentajes de ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a la

resistencia a la compresión de un concreto patrón de calidad  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Esta investigación va en sentido experimental ya que el objetivo fue conocer las causas y los fenómenos que ocurre al adicionar porcentajes de ceniza de rastrojo de maíz al concreto tradicional y analizar los cambios que se produce para poder explicar los fenómenos ocurridos, de acuerdo a métodos y técnicas de recaudación de información sobre el tema a investigar. La resistencia a la compresión aumenta con la adición de ceniza de rastrojo de maíz, mientras más porcentaje de adición de ceniza de rastrojo de maíz aumenta la resistencia a la compresión, respecto al concreto patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Se logró demostrar parcialmente la hipótesis general que dice: “La resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y consistencia de un concreto adicionado con diferentes porcentajes de ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho, mejora comparativamente con respecto a la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y consistencia de un concreto patrón de calidad  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>”, pues las resistencias obtenidas en los concretos añadidos con ceniza de rastrojo de maíz fueron mayores solo para compresión a la resistencia alcanzada por el concreto patrón. Está investigación aportará un análisis adicional ya que trabajo con un concreto patrón de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> donde se logró que añadiendo cenizas de rastrojo de maíz obteniendo una mayor resistencia a la compresión, y de esta manera mejorar la calidad del concreto.

1.1.2.3. Título: “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO ADICIONANDO DOSIFICACIONES DE CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LA MEZCLA.” Contreras y Peña (2017), Analizaron la variación de la resistencia a la compresión en el concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, comparando mezclas convencionales y mezclas con adición de cenizas volantes de carbón. La investigación es a escala en laboratorio; en otras palabras, una recreación del fenómeno que acontece en la realidad, el modelo en el cual está basado es Cuasi experimental, debido a que

se tomaron grupos que ya están integrados, por lo que las unidades de análisis no se asignan al azar. Los concretos que incorporan cenizas de residuo logran excelente propiedades mecánicas y mayor durabilidad por su resistencia a los agresivos ácidos y a la reacción árido-álcali; sin embargo, es necesario tener en cuenta que la reacción de hidratación de la ceniza volante es más lenta que la del cemento Portland, por ello, se obtiene mejores resistencias, pero en periodos de tiempo más largos. Se aumentó la resistencia a la compresión y disminuyó la permeabilidad en el concreto patrón añadiendo dosificaciones del 1.5%, 3%, 4.5% y 6% de ceniza volante de carbón. Por lo tanto, a mayor capacidad de soporte de cargar, mayor prestación del concreto para requerimientos de resistencia a la compresión; por otro lado, a menor penetración de agua en el concreto, mayor prestación de concretos de baja permeabilidad.

Esta investigación aportará información acerca que incorporando cenizas no solo se logra mayor resistencia a la compresión, sino que también más tiempo de duración, por otro lado, tener en cuenta que la hidratación de la ceniza es más lenta que la del cemento, por otro lado, nos indica que, a menor penetración de agua en el concreto, da como resultado un concreto con baja permeabilidad.

1.1.2.4. Título: “USOS DE LAS CENIZAS ACTIVADAS DEL CARBÓN PROVENIENTE DE LOS CALDEROS INDUSTRIALES, COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO, PARA FABRICAR MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND” Vera y Zambrano (2013), Encontraron que la mezcla de ceniza, térmicamente activada para conseguir la máxima sustitución del cemento en morteros de cemento portland. Se ejecutó las dosificaciones de reemplazo de ceniza por cemento en un 10%, 20% y 30% con un tiempo de curado de 7 y 28 días, se sustituyó al cemento con porcentajes del 10, 20 y 30 % por ceniza

activada a 500 °C, de carbón proveniente de la Empresa TRUPAL S.A en la fabricación de morteros de cemento portland tipo I.

Esta investigación aportará información acerca de la incorporando cenizas activada a 500 °C en diferentes porcentajes para luego analizar cual dosificación es la más óptima y que ayuda a aumentar la resistencia a la compresión del concreto.

1.1.2.5. Título: “ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON ADICIÓN DE PUZOLANA OBTENIDA DE LA CALCINACIÓN DE RESIDUOS DEL CULTIVO DE MAIZ PRODUCIDO EN LA VICTORIA DE SANTA ELENA. Orrala y Gómez (2015), Obtuvieron un hormigón de cemento portland utilizando puzolanas artificiales obtenidas por calcinación controlada de los residuos del cultivo de maíz como sustituto parcial del cemento, sin afectar su resistencia a la compresión en comparación con los diseños patrón, obteniendo un consecuente beneficio técnico- ambiental. Para ello se realizarán ensayos de compresión de probetas añadiendo el 5%, 10% y 15% como sustitución parcial del cemento. Mediante la recolección de datos y haciendo un análisis se obtuvo que la muestra puzolana óptima es la calcinada a 600 °C, puesto que se encontraron en las adiciones del 5, 10 y 15% mayor resistencia. Se concluye que el hormigón con sustitución puzolánica al 10% fue comparado con la muestra patrón, logrando este un aumento en la resistencia a la compresión de 21% a los 28 días de curado, además este hormigón es 3,3% más ligero, basándonos en los resultados de la densidad promedio de las probetas en estado seco.

Esta investigación aportará información adicional ya que para esto se utilizó ceniza en distintos porcentajes para obtener una dosificación adecuada y de esta manera obtener una buena resistencia a la compresión, y hacer un buen diseño de mezcla, logrando al final tener un producto de calidad.

### 1.1.3. Bases teóricas

#### 1.1.3.1. Adoquines de concreto

Son piezas premoldeadas, utilizadas en plazas, estacionamientos, pistas, etc (ver Figura 1); estos poseen ventajas increíbles para los usuarios debido a su resistencia al tráfico de vehículos livianos y pesados. El uso de estos concretos toma espacios más agradables, además de poseer un precio competitivo en el mercado y una fácil ejecución. La superficie de los adoquines es de fácil mantenimiento y poseen superficie antideslizante de esta manera disminuye la posibilidad de accidentes. Tomando en cuenta que son altamente resistentes al clima y a agentes agresivo por lo que su durabilidad es garantizada (PAVITEX, 2016).

**Figura 1:** *Pavimento de adoquin*



**Fuente:** ArchDaily, 2018

#### 1.1.3.2. Concreto

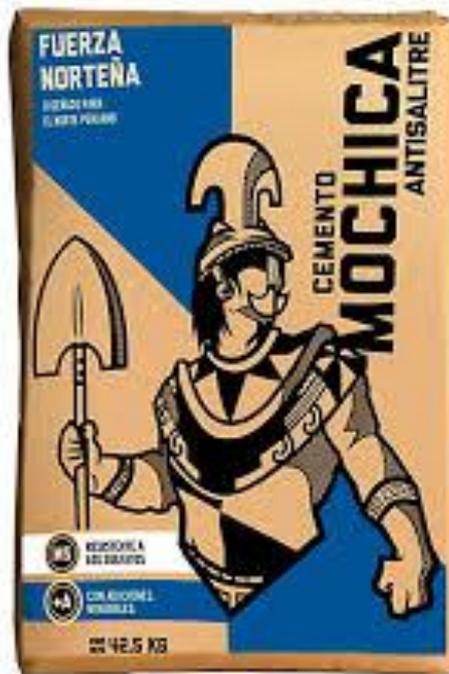
Posee dentro de su materia prima el cemento cuyo material sirve como aglomerante, además de agua y agregados. Los agregados también son catalogados como arena fina o gruesa, gravilla y grava. La variación en esta mezcla produce modificaciones en sus propiedades mecánicas (UMACON , 2017)

### 1.1.3.3. Materiales

#### 1.1.3.3.1. Cemento portland

Está compuesto principalmente de silicato de calcio; el cemento se considera hidráulico por su comportamiento al momento de ser mezclado con agua. Además, tiene la cualidad de fraguar y endurecer luego de la aplicación de este líquido, con la finalidad de formar una pasta que al endurecer tiene similitud con una roca (EcuRed, 2014).

**Figura 2:** *Cemento Mochica*



**Fuente:** Sodimac, 2018

#### 1.1.3.3.2. Agua

Cumple la función de hidratar el cemento y hacerlo más manejable. De toda el agua empleada para la elaboración de concreto y mortero solo una parte hidrata el cemento el resto se evapora; este líquido al evaporarse deja poros los cuales en exceso pueden provocar un déficit en la resistencia del concreto convencional. Además, el cemento para su hidratación requiere un 25% a 30% de la masa; pero para la trabajabilidad requiere un mínimo del 40% (Rivera, 2013).

En el ítem 5.2 de la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.088 “Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland” menciona que se puede emplear agua potable sin ser ensayada para la elaboración de concreto (NTP 339.088, 2006).

### 1.1.3.3.3. Agregados

Se denomina de esta manera a las partículas inorgánicas de origen natural o artificial las cuales se encuentran dentro de los límites de la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.011; este material ocupa el 75 % del volumen de la unidad cubica del concreto (Torre, 2004).

#### 1.1.3.3.3.1. Caracterización de agregados

##### 1.1.3.3.3.1.1. Contenido de humedad según la NTP 339.185

Humedad se considera al agua evaporable que se encuentra dentro de los poros del agregado; en el ensayo de la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.185 se considera humedad a todo el líquido evaporable incluido dentro del material (NTP 339.185, 2013).

**Tabla 1:** *Masa mínima de agregado para ensayo de humedad*

Tamaño máximo nominal de agregado mm (in)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4.75 (0.187)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (1 ½)	6.0
50.0 (2)	8.0
63.0 (2 ½)	10.0
75.0 (3)	13.0
90.0 (3 ½)	16.0
100.0 (4)	25.0
150.0 (6)	50.0

**Fuente:** NTP,2013

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.185 “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado” indica que la fórmula aplicada para determinar el contenido de humedad es la siguiente:

$$P = \frac{100 * (W - D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido de humedad (%).

W = Masa de la muestra original (g).

D = Masa de la muestra seca (g).

Con respecto a la desviación estándar la NTP 339.185 indica que para un mismo operador en un mismo laboratorio el contenido de humedad debe de ser de 0.28%.

#### **1.1.3.3.1.2. Granulometría según la NTP 400.012**

La granulometría se aplica con la finalidad de obtener la gradación del agregado y así poder cumplir con los requerimientos de las especificaciones técnicas de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control del material puesto en obra. Para el agregado fino (arena) la cantidad de muestra de ensayo luego de secado será de 300 g mínimo; mientras que para el agregado grueso depende de la Tabla 2 según lo especificado en la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.012.

**Tabla 2:** *Muestra mínima para granulometría del agregado grueso*

Tamaño máximo nominal de la abertura en mm (in)	Cantidad de la muestra de ensayo mínimo en kg
9.5 (3/8)	1
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	5
25.0 (1)	10
37.5 (1 ½)	15
50.0 (2)	20
63.0 (2 ½)	35
75.0 (3)	60
90.0 (3 ½)	100
100.0 (4)	150
125.0 (5)	300

**Fuente:** NTP,2013

#### 1.1.3.3.1.3. Peso unitario según la NTP 400.017

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.017 “Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen y los vacíos en los agregados” menciona que la masa puede ser usada para la determinación de las relaciones masa/volumen para conversiones, a menudo estos valores de densidad se usan para la selección de proporciones para mezclas de concreto. Finalmente, para obtener el peso suelto o compactado se aplica la siguiente fórmula según la NTP 400.017.

$$M = (G - T) \times F$$

Donde:

M = Densidad del agregado ( $\frac{kg}{m^3}$ ).

G = Masa en kg.

T = Masa del recipiente en kg.

F = Factor del recipiente ( $\frac{l}{m^3}$ ).

La precisión en laboratorio para un simple operador es de  $14 \text{ kg}/m^3$  según la NTP 400.017.

#### 1.1.3.3.1.4. Absorción del agregado según la NTP 400.021 y NTP 400.022

Se considera el aumento de masa debido al agua que penetra en los poros de las partículas durante un período de tiempo prescrito, la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.021 contempla el método de ensayo para agregado grueso y la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.022 contempla el método de ensayo para agregado fino.

**Tabla 3:** *Muestra mínima para ensayo de absorción del agregado grueso*

Tamaño máximo nominal en mm (in)	Masa mínima de muestra de ensayo en kg (lb)
12.5 (1/2)	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	165)

Fuente: NTP,2013

$$\text{Absorción \%} = \left( \frac{B-A}{A} \right) * 100$$

Donde:

A = Masa de la muestra secada al horno (g).

B = Masa de la muestra saturada seca en aire (g).

La Norma Técnica peruana (NTP) 400.022 para el agregado fino muestra la siguiente fórmula para determinar la absorción.

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Donde:

Ab = Absorción del agregado (%).

Wo = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

### 1.1.3.3.1.5. Peso específico según la NTP 400.021 y NTP 400.022

Unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico), la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.021 contempla el método de ensayo para agregado grueso y la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.022 contempla el método de ensayo para agregado fino.

**Tabla 4:** *Muestra mínima para ensayo de densidad del agregado grueso*

Tamaño máximo nominal de agregado mm (in)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso norma (kg)
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (1.1/2)	6.0
50.0 (2)	8.0
63.0 (2.1/2)	10.0
75.0 (3)	13.0
90.0 (3.1/2)	16.0
100.0 (4)	25.0
150 (6)	50.0

**Fuente:** NTP,2013

$$\text{Gravedad específica} = \frac{A}{(B-C)} \times 100$$

Donde:

A = Masa de la muestra secada al horno en aire (g).

B = Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca (g).

C = Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua (g).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.022 recomienda la siguiente fórmula para determinar la densidad del agregado fino.

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V-V_a)} \times 100$$

Donde:

$P_{em}$  = Peso específico de masa (g).

$W_o$  = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

$V$  = Volumen del frasco ( $cm^3$ ).

$V_a$  = Peso en gramos (g) o volumen ( $cm^3$ ) de agua añadida al frasco.

#### **1.1.3.3.4. Ceniza de ladrillos artesanales**

##### **1.1.3.3.4.1. Definición**

La ceniza es un material que se obtiene de la calcinación de ladrillos artesanales, por otro lado, está compuesta por puzolanas, óxidos metálicos, sílice y otras sustancias; también puede señalarse que las cenizas son el residuo de una combustión, porque una parte de las cenizas queda como polvo. La resistencia a la compresión del concreto depende básicamente del cemento que en su diseño convencional se expresa en relación respecto al agua (a/c); mientras mayor es la relación su resistencia a la compresión decae, a esta mezcla se le añade ceniza de ladrillos artesanales con la finalidad de mejorar su propiedad (Huaquisto, 2015).

##### **1.1.3.3.4.2. Cocción de ladrillos**

El proceso de cocción consiste en someter los ladrillos a altas temperaturas por tiempos prolongados dentro de hornos, con el fin de que adquieran propiedades mecánicas y físicas mejoradas, ya que la arcilla sin cocer posee propiedades muy bajas que no tendrían uso en el concreto. Con esta adición también se mejora la apariencia del concreto convencional.

Las fases de cochura en el horno son tres: precalentamiento, cocción y enfriamiento;

En la primera fase se elimina paulatinamente el agua impregnada en la arcilla, removido por aire continuamente y aumentando constantemente la temperatura, el precalentamiento se considera terminado cuando toda la masa alcanza los  $100^{\circ} C$ .

En la etapa de enfriamiento la temperatura desciende desde la de cocción hasta la temperatura normal, esto debe realizarse de 500° C a 600° C; especialmente en los hornos cerrados, para garantizar dureza, tenacidad y colorado de las piezas vitrificadas.

El enfriamiento de las piezas está definido por su tamaño, cuanto mayor es el tamaño de los ladrillos la temperatura normal se alcanza más lentamente. Los productos cuyo enfriamiento se realiza lentamente, son tenaces y muy resistentes a las acciones mecánicas. Por el contrario, un enfriamiento rápido los hace frágiles, hasta el punto que si han sido enfriados con demasiada premura se rompen a veces espontáneamente, sin la intervención de agentes mecánicos exteriores (ANFALIT, 2002)

Triantafilo (2015) considera cuatro etapas durante el proceso de cochura:

1. Pre calentamiento a 200° C para la eliminación de agua contenida en la arcilla.
2. Calentamiento hasta 700° C, aquí se da la eliminación total del agua unida químicamente dentro de la arcilla.
3. Maduración del producto entre 900° C y 1000° C.
4. Enfriamiento lento de las unidades de ladrillo hasta alcanzar 500° C.

En este proceso, es importante considerar el intervalo de cocción, entre el inicio de la vitrificación y el inicio de la deformación. Este intervalo debe ser lo más amplio posible y depende de las características de la pasta, debiendo estar la temperatura óptima de cocción dentro de dicho intervalo; no demasiado cerca del inicio de la vitrificación para que el material de esta manera no obtenga tantos poros y evite la deformación de la pieza.

Durante el proceso de cocción, el material, ya bastante seco adquiere la resistencia necesaria para ser empleado como material de construcción, por lo que esta etapa es la más compleja del proceso de elaboración. De hecho, el ciclo de cocción requiere un diseño específico para cada materia prima, con el fin de lograr los resultados esperados. Los efectos que producen los

componentes mineralógicos de las arcillas suponen la necesidad de un diseño del ciclo de cocción para que los componentes se desarrollen correctamente.

De acuerdo al tipo de fábrica o a la tecnología empleada, se emplean varios tipos de hornos que van desde los más rústicos hasta los más modernos y eficientes (Gordejuela, 2004).

Se pueden identificar los hornos intermitentes con suelo y muros laterales (ver Figura 2) , y los hornos de fuego continuo tipo Hoffman. Los hornos intermitentes, son los más sencillos y consisten en un cuarto con planta cuadrada o rectangular, con altura de 5 a 6 metros. Sus muros deben tener bastante espesor para que retengan mejor el calor; por la parte superior está libre para que los productos de combustión puedan salir libremente. En la parte baja de la pared de fachada se fabrican algunas puertas de introducción del combustible y entrada de aire; en las paredes empezando desde 1.50 a 2 metros del suelo, se disponen de unas aberturas estrechas y altas que facilitan la carga y descarga del horno, cerrándose estas aberturas durante la cocción. En este tipo de hornos el proceso de combustión es incompleto porque la falta de oxígeno provoca que el material no se queme completamente, generando piezas crudas y ahumadas (Moreno, 1981). (NTP 399.604, 2002)

**Figura 3:** *Horno intermitente con suelo y muros laterales*



**Fuente:** Jiménez y Salazar, 2005

#### 1.1.3.3.4.3. Clasificación de puzolanas según la NTP 334.104

Las puzolanas se definen como un material silíceo o silico- aluminoso; en tamaños finos y presencia de agua puede reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio produciendo un compuesto con propiedades hidráulicas. Se clasifican en puzolanas naturales y artificiales. La Norma Técnica Peruana (NTP) 334.104 y ASTM C 618 definen tres clases de cenizas volantes:

- **Clase C:** Ceniza con propiedades cementantes la cual es producida por la calcinación de carbón sub-bituminoso o lignito.
- **Clase N:** Puzolanas naturales crudas o calcinadas, como las diatomitas, tufos y cenizas volcánicas; además de estos materiales también se incluyen aquellos que no requieran de calcinación para inducir propiedades satisfactorias.
- **Clase F:** Cenizas que poseen propiedades puzolánicas producidas por la calcinación de carbón antracítico o bituminoso.

(Villegas, 2012)

A partir de la clase de puzolanas, las cenizas deben cumplir los siguientes parámetros químicos y físicos tal y como se observa en la Tabla 5 y 6.

**Tabla 5:** *Requisitos químicos de las puzolanas*

Composicion Quimica	Clase de		
	N	F	Mineral C
Dióxido de silicio + óxido de aluminio + óxido de fierro, min. %	70,0	70,0	50,0
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), màx.,%	4,0	5,0	5,0
Contenido de humedad, màx.,%	3,0	3,0	3,0
Pèrdida por calcinaciòn màx.,%	10,0	6,0	6,0

**Fuente:** Ing. Rosaura Vásquez, 2006

**Tabla 6:** *Requisitos físicos de las puzolanas*

Requisitos	Clase de	Adicion	Mineral
	N	F	C
<b>Fineza:</b> Cantidad retenida en el tamizado vía húmeda en la malla de 45 µm (Nº 325), máx.,% <sup>A</sup>	34	34	34
<b>Índice de actividad resistente :<sup>B</sup></b>			
Con cemento portland, a 7 días, mín.,%	75	75	75
Con cemento portland, a 28 días, mín.,%	75	75	75
Demanda de agua, máx.,% del control	115	105	105
<b>Estabilidad:<sup>D</sup></b>			
Expansion, contraccion en autoclave, máx,%	0,8	0,8	0,8
<b>Requisitos de uniformidad:</b>			
Densidad, máxima variacion del promedio,%	5	5	5
Porcentaje retenido en 45 µm (Nº 325), variacion m+ax.,puntos de % del promedio	5	5	5

**Fuente:** Ing. Rosaura Vásquez, 2006

#### 1.1.3.3.4.4. Clasificación por su origen

##### A. Puzolanas naturales

Las cenizas volcánicas se forman a partir de una explosión producida de forma natural, estas pequeñas moléculas son colocadas a temperatura ambiente; además también existen los tufos o tobas volcánicas las cuales se produjeron a partir de la acción hidrotermal sobre las cenizas volcánicas después de su cementación de genéticas. Finalmente, se encuentran las tierras de diatomeas las cuales se originan de algas acuáticas unicelulares (Villegas, 2012).

##### B. Puzolanas artificiales

Durante la producción de materiales tratados térmicamente en distintos procesos industriales y agrícolas se llega a obtener como subproducto diversa materia como pueden ser:

Cenizas volantes: Por lo general es producido en centrales termoeléctricas las cuales utilizan carbón pulverizado como combustible, su principal característica física es un polvo fino con

partículas de diámetro entre 1  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$  tal y como se muestra en la Figura 4 (Villegas, 2012).

**Figura 4:** Ceniza volante y micrografía de partículas de ceniza volante



**Fuente:** Ing. Rosaura Vásquez, 2006

Humo de sílice: Según Ma-tay (2014) en su investigación indica que el humo de sílice es un producto de las industrias que producen aleaciones de ferrosilíceo. Debido a que el material se encuentra a temperaturas mayores a 2000°C. La característica física que más destaca en el humo de sílice es la forma esférica de las partículas por lo que este posee buena dispersión en la matriz conglomerante es así que mejora la calidad del concreto convencional, debido a que dentro de la industria de los metales la temperatura presenta cambios bruscos impide la formación de cristales y eleva el contenido de sílice amorfa en un 80% por lo que ayuda a mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

#### **1.1.3.3.4.5. Residuos agrícola como adición al concreto**

Los elementos agrícolas que se pueden transformar en cenizas son dos:

##### **A. Residuos de base orgánica**

Se encuentran en las celulosas, lignina, azúcares y materiales fibrosos. Las propiedades más importantes que estas poseen son la ligereza, porosidad y la solubilidad de la fracción orgánica; al ser utilizado como adición del concreto, cambiando sus propiedades como el aligeramiento además de retrasar el fraguado y endurecimiento.

## B. Residuos de base inorgánica

Estos materiales son ricos en sílice, alúmina y álcalis. Se caracteriza por su granulometría fina, baja solubilidad y vítrea. Al adicionarse en el concreto genera un aumento de la durabilidad, pero este hace que sea necesario adicionar más agua. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Ceniza de cáscara de arroz
- Ceniza de bagazo de caña de azúcar
- Ceniza de paja de caña
- Ceniza de paja de trigo
- Ceniza de palma

(Ma-tay Pinel, 2014)

### 1.1.3.3.4.6. Uso de las puzolanas

Las cenizas se utilizan para elaborar vidrio y cerámica; dentro del concreto fresco reduce la temperatura con la finalidad de disminuir el agrietamiento, para cuando este llega su estado endurecido aumenta la resistencia contra el ataque de sulfatos y cloruros; por ende, el acero también se encuentra protegido contra la corrosión. Este material se puede aplicar directamente en la mezcladora, como elemento sustituyente o complementaria del árido; finalmente también es conocido que se agrega conjuntamente con el Clinker durante la fabricación del cemento (Lugo Mayor, 2014).

### 1.1.3.3.4.7. Ventajas de la adición de cenizas

De acuerdo a Orrala y Gómez (2015) indicaron en su investigación que las cenizas mejoran la trabajabilidad y durabilidad en el concreto convencional.

- Ventajas en el concreto fresco
  - Mejora la colocación en obra, aumentando la trabajabilidad (slump).
  - Reduce la exudación de la mezcla.
  - Disminuye la posibilidad de segregación.

- Ventajas en el concreto endurecido
  - Mejor resistencia a la exposición en la intemperie.
  - Resistencia a sulfatos (obras de cimentación, tuberías, desagües, obras de alcantarillado).
  - Menor calor de hidratación (presas, cimentaciones, vigas de puente, entre otros).
- Características mecánicas
  - Las resistencias mecánicas disminuyen en los cementos con adición puzolánica, especialmente en los concretos ricos en aglomerantes. En las mezclas pobres, incrementan su resistencia a la compresión.

#### 1.1.3.4. Diseño de mezcla de concreto

El Instituto Americano del Hormigón (ACI) presentó en los trabajos experimentales de Abrams, Richard y Talbot, Goldbeck y Gray, una metodología con efectos aceptables para concreto con dos agregados, que contiene una masa unitaria de entre los rangos de 2,0 Mg/m<sup>3</sup> y los 2,5 Mg/m<sup>3</sup> y cuyos requisitos son inferiores a 42 MPa, y estos básicamente son nombrados como concretos normales (Giraldo, 2006). Para este diseño se considera como primer paso la selección de la resistencia requerida (ver Tabla 7).

**Tabla 7:** Resistencia requerida

Resistencia a la compresión ( $f'c$ )	Resistencia a la compresión requerida ( $f'cr$ )
Menor a 210 kgf/cm <sup>2</sup>	$f'c + 70$
210 kgf/cm <sup>2</sup> – 350 kgf/cm <sup>2</sup>	$f'c + 84$
Mayor a 350kgf/cm <sup>2</sup>	$f'c + 98$

Fuente: ACI 211.1, 2002

Posterior a ello se elige la cantidad de agua en  $\text{kg/m}^3$  de concreto (ver Tabla 8)

**Tabla 8:** Cantidad de agua con respecto al asentamiento

Agua en  $\text{lt/m}^3$ , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso y consistencia indicada.

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

Fuente: ACI 211.1, 2002

Además, se opta el asentamiento, el TMN del agregado y contenido de aire atrapado en porcentaje.

**Tabla 9:** Contenido de aire atrapado

TNM Agregado Grueso	Aire Atrapado %	
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

Fuente: ACI 211, 2016

- Luego se selecciona la relación agua/cemento por resistencia a compresión, la resistencia requerida de no se encuentra en la tabla 10 se procede a interpolar los valores.

**Tabla 10:** *Relación agua/cemento por resistencia para  $f'c$*

$f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
420	0.41	-
450	0.38	-

**Fuente:** ACI 211, 2016

Posteriormente se cálculo el contenido de cemento en kilogramos (kg), mediante la siguiente fórmula.

$$\frac{\text{Cantidad de agua (Litros)}}{\text{Cantidad de cemento (Kg)}} = \text{Relación agua cemento obtenida}$$

- De esta manera se obtiene el peso del agregado grueso mediante la tabla 11 que proporciona el valor de  $b/b_0$  donde  $b_0$  y  $b$  son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso.
- Según el módulo de finura que se obtiene en la granulometría del agregado fino y el Tamaño Máximo Nominal se procedio a obtener el volumen en m<sup>3</sup> de agregado grueso, se interpola si en caso que los resultados no se encuentran en la tabla 11.

**Tabla 11:** *Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/b<sub>0</sub>)*

TNM Agregado		Módulo de finura del Agregado Fino			
Grueso		2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19.0 mm	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** ACI 211, 2016

- Finalmente se obtiene el volumen absoluto mediante la siguientes fórmulas:

$$\text{Agregado grueso} = \frac{b}{b_0} \times (\text{Peso unitario compactado del agregado grueso})$$

$$\text{volumen del material (m}^3\text{)} = \frac{\text{peso obtenido}}{\text{peso específico del material}}$$

$$\text{Volumen de aire (m}^3\text{)} = \frac{\text{porcentaje de aire}}{100}$$

- Obteniendo el volumen absoluto del agregado fino restando 1 m<sup>3</sup> menos la sumatoria de los volúmenes del agua, aire, cemento y agregado grueso.
- Luego se encuentra el volumen absoluto del agregado fino multiplicando por su peso específico y de esta manera se obtiene el peso del fino en kilogramos (kg).
- Se realiza la corrección por humedad de agregado grueso y fino utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Corrección (kg)} = \text{peso del material} * \left( \frac{\% \text{ humedad}}{100} + 1 \right)$$

- Finalmente se calcula el aporte de agua de los agregados mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Aporte del agregado (lt)} = \frac{(\% \text{ humedad} - \% \text{ absorción}) * \text{peso seco}}{100}$$

Además, se realiza la corrección por humedad y absorción de los agregados y se calcula el aporte de agua a la mezcla, realizando la corrección por humedad y absorción de los agregados. Finalmente se determina el peso seco, peso saturado superficialmente seco y peso húmedo de la mezcla.

#### **1.1.3.5. Requisitos mínimos de calidad de los adoquines de concreto**

El tamaño y la forma de los adoquines serán los mas iguales posibles, para facilitar la correcta colocación sobre la base. Para esto se requiere que las diferencias sean mínimas en sus dimensiones, para el largo, ancho y altura 3mm, en cuanto a su superficie los adoquines deben ser de color uniforme y sin fisuras, sus aristas y esquinas deben ser agudos sin desbordamientos o abombamientos o torceduras. (Buzón, 2010)

#### **1.1.3.6. Resistencia a la compresión de los adoquines del concreto**

Según Galicia y Velásquez (2016), en su investigación mencionan que la resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Por lo general es expresado en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm<sup>2</sup>) o también en mega pascales (MPa) y en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg<sup>2</sup> o PSI) a una edad de 28 días” (p. 61), debido a que este llega a obtener su máxima resistencia por lo que se recomienda realizar los ensayos a esta edad.

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.611 “Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos” clasifica los adoquines en tres tipos:

Tipo I: Adoquines para pavimentos de uso peatonal.

Tipo II: Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero.

Tipo III: Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores.

Además, deben seguir los requisitos mínimos establecidos por la Norma Técnica Peruana mencionados a continuación.

**Tabla 12:** Resistencia a la compresión del adoquín

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, min. MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
Tipo B,C y D	60	31 (320)	28 (290)
*Todos los tipos			
II (vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patio industriales o de contenedores)	≥80	55 (561)	50 (510)

Fuente: NTP,2015

**Tabla 13:** Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, max. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1.6	± 1.6	± 3.2

Fuente: NTP,2015

**Tabla 14:** Límites de absorción

Tipo de Adoquín	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
	I y II	6
III	5	7

Fuente: NTP,2015

La ceniza es un material que se obtiene de la calcinación de ladrillos artesanales, por otro lado, está compuesta por punzolanas, óxidos metálicos, sílice y otras sustancias; también puede señalarse que las cenizas son el residuo de una combustión, porque una parte de las cenizas queda como polvo. La resistencia a la compresión del concreto depende básicamente del cemento que en su diseño convencional se expresa en relación respecto al agua (a/c); mientras mayor es la relación su resistencia a la compresión decae, a esta mezcla se le añade ceniza de ladrillos artesanales con la finalidad de mejorar su propiedad (Huaquisto, 2015).

### **1.1.3.7. Estadística**

#### **1.1.3.7.1. Muestra**

Los valores a determinar para obtener un tamaño muestral que dependa de decisiones estadísticas y no estadísticas son las siguientes:

Tamaño de población: se denomina a una colección definida de objetos o individuos, conocida también como la población teórica.

Intervalo de confianza: es la medida estadística del número de veces de cada 100 que se espera que los resultados se encuentren dentro de los rangos.

Nivel de confianza: un intervalo del 95% significa que los resultados de una acción probablemente cubrirán las expectativas en un 95%.

Desviación estándar: Mientras mayor es la desviación estándar mayor es la dispersión de los resultados de la población. (psyma, 2015)

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{d^2}$$

Donde:

Z = Nivel de confianza.

P= Probabilidad de éxito.

Q = Probabilidad de fracaso.

D= Error máximo admisible.

Varianza

Medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie con respecto a su media, calculado como la desviación típica al cuadrado. La unidad de medida de la varianza será siempre la unidad de medida correspondiente a los datos elevada al cuadrado (Lopez, 2019).

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - x)^2}{n}$$

Donde:

$x_i$  = Representa valores originales.

x = Representa a la media de los valores originales.

n = Cantidad de valores de la muestra.

#### 1.1.3.7.2. Desviación estándar

Nos indica cuanto puede alejarse los valores respecto al promedio, es útil para buscar probabilidad de que un evento ocurra en un conjunto de datos. De esta manera una dispersión amplia puede ser volátil en el grupo analizado (Mora, 2009).

$$S = \sqrt{S^2}$$

Donde:

S = desviación estándar.

$S^2$  = varianza.

#### 1.1.3.7.3. Coeficiente de variación

Permite comparar las dispersiones de dos distribuciones distintas, siempre que todas las medias sean positivas; para calcular el coeficiente de variación se relaciona la desviación típica y su media, finalmente este el resultado se expresa en porcentaje (VITUTOR , 2019).

$$CV = \frac{S}{x} * 100$$

Donde:

CV = coeficiente de variación porcentual.

S = desviación estándar.

x = media aritmética de datos originales.

#### 1.1.3.7.4. Test de Shapiro-Wilk

Cuando el ajuste es malo se rechaza la normalidad este test por lo general se aplica para valores estadísticos pequeños cuando el tamaño de la muestra es menor a 50 datos. Por lo que se afirma que este test mide el ajuste de la muestra (Salgado, 2018).

$$W = \frac{1}{ns^2} \left[ \sum_{i=1}^{i=h} a_{j,n}(x_{n-j+1} - x_j) \right]^2$$

$$ns^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - X)^2$$

Donde:

x = datos de la muestra.

a = valores obtenidos de la tabla estadística de distribución Shapiro-Wilk.

X = media de la muestra.

#### 1.1.3.7.5. Test de Levene

Se considera un test poco sensible a la desviación de la homogeneidad de varianzas por lo que significa que es menos probable a rechazar la hipótesis solo por poseer poblaciones muestrales no normales (Correa, Iral, & Rojas, 2006).

$$w = \frac{(N - k) \sum_{i=1}^k n_i (Z_i - Z_{...})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - Z_{i...})^2}$$

Donde:

$k$  = se denomina al número de muestra.

$n_i$  = Tamaño de la enésima muestra.

$N$  = Sumatoria de la muestra.

#### **1.1.3.7.6. ANOVA**

Denominado análisis de la varianza es utilizado para realizar comparaciones de dos o más grupos; con la finalidad de comprobar si dos o más grupos de acción arrojan resultados similares o parecidos. Además, puede contemplarse como un caso especial de la modelización ecométrica, donde la variable dependiente es de tipo continuo y el conjunto de variables explicativas es ficticia (Vicéns, Herrarte, & Medina, 2005).

$$Y_{ij} = \mu + t + \epsilon$$

Donde:

$Y$  = es la variable objeto de estudio.

$\mu$  = es una constante indica la respuesta media de todos los niveles.

$t$  = Recoge la importancia de cada tratamiento y es el objetivo del análisis.

$\epsilon$  = es un término de error, considerado como variable aleatoria.

#### **1.1.3.7.7. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)**

Software de IBM (International Business Machines), creado para adquirir datos de casi cualquier tipo de archivo de este modo utilizarlo para generar informes tubulares, gráficos y diagramas de distribuciones y tendencias, análisis estadísticos complejos y estadísticos descriptivos.

### **1.1.3.8. Definición de términos básicos**

#### **1.1.3.8.1. Adoquines**

Es un bloque elaborado de forma rectangular que se utiliza en la construcción de pavimentos como plazas, paseos peatonales, veredas, etc.

#### **1.1.3.8.2. Adoquines de concreto**

Son elementos prefabricados macizos, elaborados con una mezcla de arena, piedra, agua, cemento y aditivos. Las formas y colores pueden ser diferentes, es utilizado como capa de rodadura en todo tipo de pavimentos.

#### **1.1.3.8.3. Cenizas de ladrillos artesanales**

Son partículas que se obtienen del proceso de calcinación de ladrillos artesanales, además es un material inorgánico que está compuesta por sílice, óxidos, arcillas entre otras sustancias.

#### **1.1.3.8.4. Concreto**

Es una mezcla de arena, agua, cemento y aditivos que al solidificarse constituyen un material más resistente en el uso de la construcción.

#### **1.1.3.8.5. Resistencia**

La resistencia de un elemento tiene que ver con la capacidad de una probeta de adoquín en soportar presiones y fuerzas sin quebrarse, deformarse o sufrir deterioros.

### **1.1.3.9. Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que se emplea para diseñar construcciones de pavimentos, edificaciones, etc. Se calcula a partir de la carga de ruptura de la probeta dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en kg/cm<sup>2</sup> o mega pascuales (MPa).

## 1.2. **Fórmulación del problema**

¿De qué manera influye las cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto, Trujillo 2019?

## 1.3. **Justificación**

La principal finalidad de este proyecto es obtener adoquines con materiales alternativos mejorando su calidad y resistencia a la compresión, adicionando como agregado cenizas de ladrillos artesanales para luego ser utilizados en avenidas, calles, plazas, aeropuertos, estacionamientos, entre otros, además al utilizar cenizas de ladrillos artesanales se está reduciendo la contaminación ambiental porque estas están expuestas en la intemperie propensas a generar problemas respiratorios y otros en las personas que radican alrededores de las fábricas de ladrillos artesanales. Los beneficiados de modo directo son las Municipalidades y las empresas que se dedican a la fabricación de adoquines, para este trabajo de investigación se utilizarán diferentes métodos de estudio para la obtención de datos o resultados, uno de ellos el ensayo de resistencia a la compresión además cumpliendo con los estándares mínimos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y la Norma Técnica Peruana, de esta manera tratar de mejorar algunas propiedades mecánicas y físicas del concreto. Para este trabajo de investigación se realizará probetas de concreto que cumplan con los aspectos mínimos que nos indica en la Norma Técnica Peruana. Este trabajo de investigación tiene como finalidad saber la resistencia de adoquines de concreto con adición de cenizas de ladrillo artesanal, este aspecto determinará la calidad de los pavimentos, se espera que esté estudio motive a la utilización de recursos naturales y disminuir la contaminación.

El presente trabajo de investigación servirá para los futuros tesis en la investigación sobre resistencia de adoquines de concreto con adición de las cenizas de ladrillos artesanales ya que

con investigaciones previas se puede lograr nuevas ideas para luego mejorar la calidad de nuestros pavimentos y reducir la contaminación ambiental.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de las cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Elaborar adoquines de concreto adicionando cenizas de ladrillos artesanales empleando los requerimientos mínimos de la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.611
- Obtener la mezcla adecuada para la elaboración de adoquines con cenizas artesanales tomando en cuenta el ACI 211
- Desarrollar y comparar la resistencia a la compresión de adoquines con diferente dosificación vs las probetas patrón de acuerdo a la NTP 399.611.
- Obtener la curva de crecimiento de resistencia a la compresión según los días de curado.
- Desarrollar y comparar la absorción de los adoquines con los diferentes porcentajes de adición de acuerdo a la NTP 399.611.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis General

La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales como sustitución del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm<sup>2</sup>. (ver tabla 15)

**Tabla 15:** *Hipótesis general*

Hipótesis general	Componentes metodológicos		Componentes referenciales		
La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales como sustitución del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm <sup>2</sup> .	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	-Resistencia a la compresión	Adoquin de concreto	Aumentó	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.	Año 2019

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 1.5.2. Hipótesis específicas:

La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales en el concreto aumentará la resistencia a la compresión con respecto a las probetas patrón (ver tablas 16,17,18,19,20)

**Tabla 16:** *Hipótesis específica 01*

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales en un 5% como sustitución del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm <sup>2</sup> .	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	-Resistencia a la compresión	Adoquin de concreto	Aumentó	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.	Año 2019

**Fuente:** Elaboración propia,2019

**Tabla 17:** *Hipótesis específica 02*

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
<p>La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales en un 10% como sustitución del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm<sup>2</sup>.</p>	<p>Variables</p> <p>-Resistencia a la compresión</p> <p>-Cenizas de ladrillos artesanales</p>	<p>Unidad de análisis</p> <p>Adoquin de concreto</p>	<p>Conectores lógicos</p> <p>Aumentó</p>	<p>El espacio</p> <p>Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.</p>	<p>El tiempo</p> <p>Año 2019</p>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 18:** *Hipótesis específica 03*

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
<p>La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales en un 15% como sustitución del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm<sup>2</sup>.</p>	<p>Variables</p> <p>-Resistencia a la compresión</p> <p>-Cenizas de ladrillos artesanales</p>	<p>Unidad de análisis</p> <p>Adoquin de concreto</p>	<p>Conectores lógicos</p> <p>Aumentó</p>	<p>El espacio</p> <p>Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.</p>	<p>El tiempo</p> <p>Año 2019</p>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 19:** *Hipótesis específica 04*

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
<p>La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales en un 20% como sustitución del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm<sup>2</sup>.</p>	<p>Variables</p> <p>-Resistencia a la compresión</p> <p>-Cenizas de ladrillos artesanales</p>	<p>Unidad de análisis</p> <p>Adoquin de concreto</p>	<p>Conectores lógicos</p> <p>Aumentó</p>	<p>El espacio</p> <p>Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.</p>	<p>El tiempo</p> <p>Año 2019</p>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 20:** *Hipótesis específica 05*

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
<p>La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales en un 25% como sustitución del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm<sup>2</sup>.</p>	<p>Variables</p> <p>-Resistencia a la compresión</p> <p>-Cenizas de ladrillos artesanales</p>	<p>Unidad de análisis</p> <p>Adoquin de concreto</p>	<p>Conectores lógicos</p> <p>Aumentó</p>	<p>El espacio</p> <p>Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.</p>	<p>El tiempo</p> <p>Año 2019</p>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Operacionalización de variables

#### 2.1.1. Variable dependiente

Resistencia a la compresión (ver tabla 21)

**Tabla 21:** Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	Es la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto.	Se elaboró probetas de adoquines de concreto con adición de cenizas de ladrillos artesanales en comparación con adoquines convencionales.	Resistencia a la compresión.	Carga máxima de rotura.	Kgf
				Longitud del espécimen.	cm
				Ancho del espécimen.	cm
				Espesor del espécimen.	cm

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## 2.2. Diseño de investigación

El presente proyecto es de tipo experimental porque se ejerce un control sobre las variables, ya que la variable independiente se manipula para determinar su influencia sobre la variable dependiente, para ello se trabaja con diferentes muestras variando los porcentajes de adición de cenizas de ladrillos artesanales y de esta manera se obtendrán diferentes resultados.

Por lo cual, el diseño es experimental puro porque reúne los dos requisitos de control y validez interna, ya que puede controlar y limitar las variaciones de porcentaje de adición de las variables independientes (causas), para luego analizar la variable dependiente (consecuencias).

**Figura 5:** *Diseño de investigación*

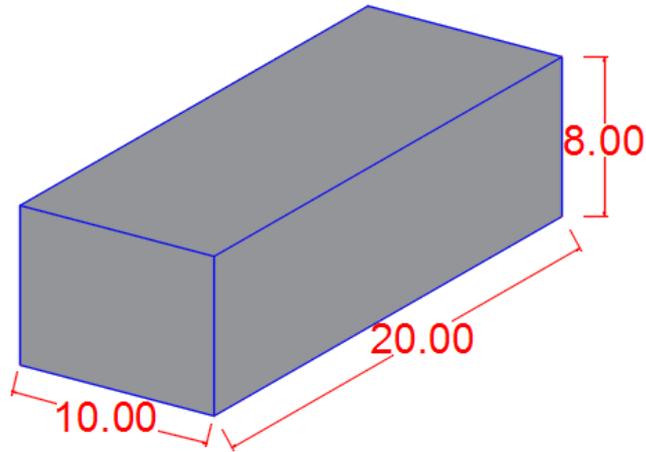


**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## 2.3. Unidad de estudio

Probeta de adoquín elaborada de concreto convencional y adoquín elaborado con adición de cenizas de ladrillos artesanales la cual será sometida a pruebas de resistencia a la compresión, para las diferentes variaciones de dosificaciones de mezcla según el porcentaje de adición ya establecido, cuyas dimensiones serán de 20x10x8 cm respectivamente

**Figura 6:** *Diseño de investigación*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## 2.4.Población

Todas las probetas de adoquines de concreto convencional y con adición de cenizas de ladrillos artesanales que serán evaluadas a la resistencia a la compresión.

## 2.5.Muestra

La muestra es de tipo probabilístico aleatorio simple porque se realizará con un tamaño  $n$  testigos, de tal manera que cada testigo tiene la misma probabilidad de pertenecer a la muestra. Como la variable de esta investigación es cuantitativa el tamaño muestral se realizará estadísticamente tomando como referencia un muestreo probabilístico, así como lo estipula el Manual de Estadística de la Universidad Privada del Norte (2016).

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

$n_0$  = tamaño de muestra.

Z = valor de distribución normal estandarizada, para el nivel de confianza fijado por el investigador (ver Tabla 22).

S = desviación estándar de la variable fundamental de estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.

E = error del muestreo en porcentaje (%) fijado por el investigador.

**Tabla 22:** Valores de la distribución normal estandarizada

Valores de la distribución normal estandarizada			
Nivel de confianza (1- $\alpha$ )	Error ( $\alpha$ )	Error (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral	
		Bilateral	Unilateral
90%	0.10	1.64	1.28
95%	0.05	1.96	1.64
99%	0.01	2.57	2.32
Poder (1- $\beta$ )	Error ( $\beta$ )	Error (Tipo II): Siempre es Unilateral	
		Valor Z	
0.80	0.20	0.842	
0.90	0.10	1.282	
0.95	0.05	1.645	
0.99	0.01	2.326	

Fuente: UPN, 2016

De esta manera se realizó el cálculo de la muestra de testigos para ser ensayados a la resistencia a la compresión:

Z= El nivel de confianza para esta investigación será el 95% (Z=1.96).

S= El valor de la desviación estándar de la variable principal de estudio fue tomada de estudios realizados anteriormente de la tesis Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre un adoquín convencional y adoquines preparados con diferentes fibras: sintéticas

(polipropileno), orgánica (estopa de coco) inorgánica (vidrio). (Martinez, 2016) (ver la tabla 23)

**Tabla 23:** *Resultados de probetas patrón*

ADOQUÍN N°	ESFUERZO (kg/cm)
1	355.45
2	360.63
3	357.32
4	354.57
Patrón 5	357.61
6	350.55
7	350.7
8	358.01
9	357.78
10	362.32
Desviación estandar (S)	0.0381

**Fuente:** Martínez, 2016

E= El error del muestreo se consideró en 5% (E=0.05).

Reemplazando los valores en la fórmula, se obtiene como tamaño de muestra:

$$n_0 = \frac{(1.96)^2(0.0381)^2}{(0.05)^2}$$

$$n_0 = 2,23$$

$$n_0 = 3$$

**Tabla 24:** *Muestra de especímenes de concreto para resistencia a la compresión*

PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CENIZAS DE LADRILLOS ARTESANALES (%)	NÚMERO DE ADOQUINES PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (UND)		
	3 días	7 días	28 días
0	3	3	3
5	3	3	3
10	3	3	3
15	3	3	3
20	3	3	3
25	3	3	3
SUBTOTAL	18	18	18
TOTAL		54	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 25:** *Muestra de especímenes de concreto para absorción*

PORCENTAJE DE ADICIÓN DE CENIZAS DE LADRILLOS ARTESANALES (%)	NÚMERO DE ADOQUINES PARA EL ENSAYO DE ABSORCIÓN
	0
5	3
10	3
15	3
20	3
25	3
TOTAL	18

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## **2.6. Técnicas e instrumentos y procedimientos de recolección de datos**

### **2.6.1. Técnicas de recolección de datos.**

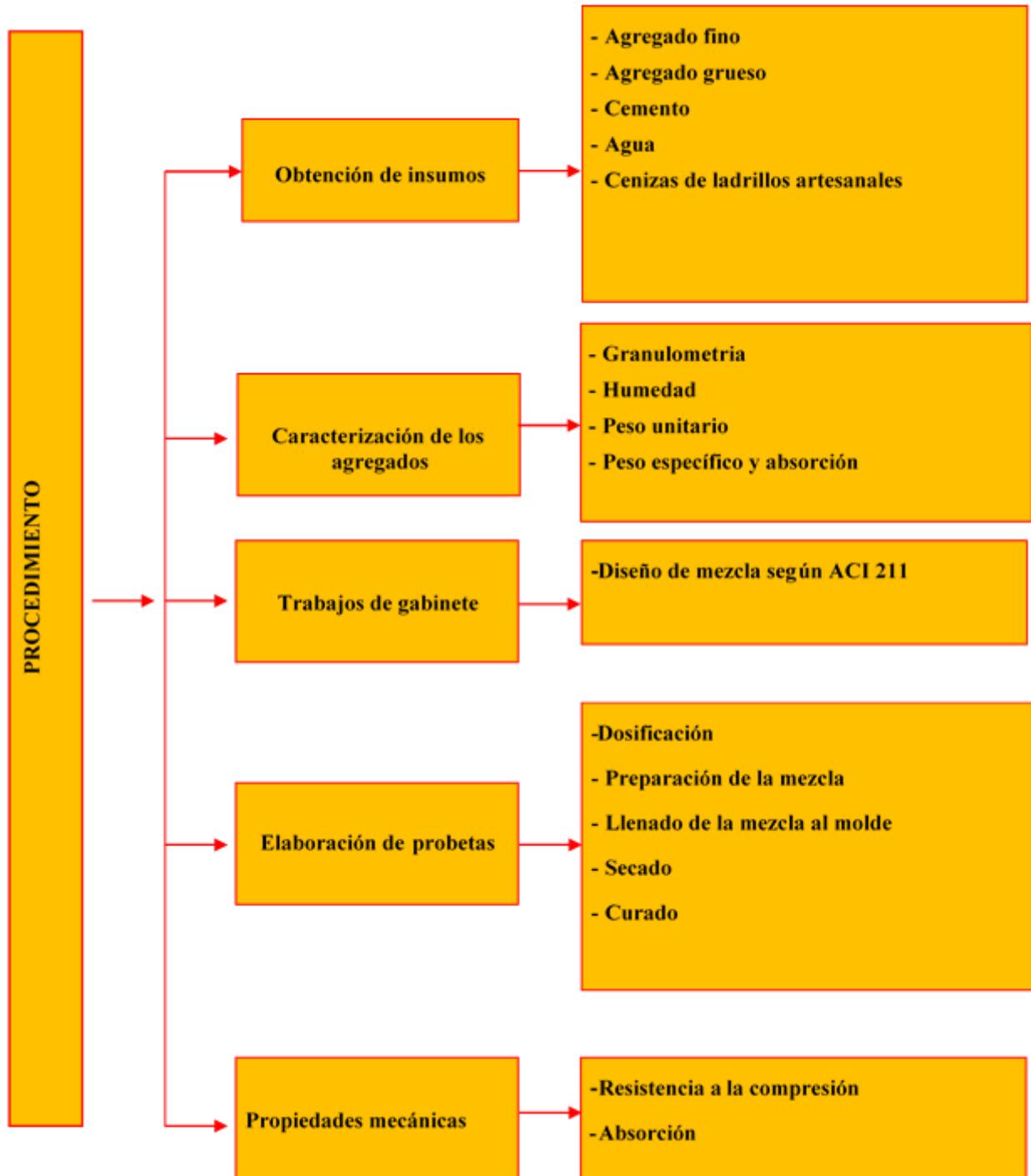
En este proyecto de investigación se usará la observación como técnica de la recolección de datos, mediante esto se va a seleccionar, ver y registrar para luego analizar las resistencias máximas encontradas en adoquines de concreto convencional y con adición de cenizas de ladrillos artesanales, considerando el cumplimiento de las normativas NTP en los ensayos a realizar.

### **2.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento de recolección de datos a utilizar es la guía de observación que será validada por el ingeniero ALBERTO RUBEN VÁSQUEZ DÍAZ experto en el tema de tecnología del concreto, mediante el uso de este instrumento se registrarán los datos más importantes para posteriormente ser analizados.

### 2.6.3. Procedimiento de recolección de datos

Figura 7: Procedimiento de recolección de datos



Fuente: *Elaboración propia, 2019*

### **2.6.3.1. Obtención y caracterización de insumos**

#### **2.6.3.1.1. Obtención de insumos**

##### **- Agregado grueso y fino**

La obtención de agregados se realizó de la cantera el Milagro porque es una de las principales canteras que distribuye a la ciudad de Trujillo, se recolectó agregado grueso de 1/2” y agregado fino (arena gruesa), luego el transporte de los agregados se realizó mediante un vehículo particular (camión) destinado para transportar material en pocas magnitudes finalmente los agregados fueron almacenados colocados en cilindros en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada Del Norte Trujillo – Sede San Isidro

##### **- Cemento**

El cemento se utilizó cemento Pacasmayo tipo MS con las especificaciones técnicas requeridas ver anexo 1

##### **- Agua**

Se utilizó agua potable de acuerdo a los requerimientos de la NTP 339.088.

##### **- Cenizas de ladrillos artesanales**

Las cenizas de ladrillos artesanales se obtuvieron de la ladrillera Flores que se encuentran entre el mercado la Hermelinda y la Villa Bolivariana en la avenida Villareal en la ciudad de Trujillo.

#### **2.6.3.1.2. Caracterización de los agregados**

Los ensayos de caracterización de materiales tanto fino como grueso se realizaron en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada Del Norte Trujillo- Sede San Isidro.

##### **2.6.3.1.2.1. Granulometría del agregado grueso y fino**

Los ensayos de granulometría se realizaron de acuerdo como lo estipula la NTP 400.012 “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”.

### ❖ Materiales

- Agregado fino: según la norma técnica peruana (NTP) la cantidad mínima es 500 g.
- Agregado grueso: según la norma técnica peruana (NTP) la cantidad mínima de agregado grueso es de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 26:** *Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global*

Tamaño máximo nominal abertura cuadrada mm (pulg)	Cantidad mínima de muestra de ensayo mínimo kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50.0 (2)	20 (44)
63.0 (2 ½)	35 (77)
75.0 (3)	60 (130)
90.0 (3 ½)	100 (220)
100.0 (4)	150 (330)
125.0 (5)	300 (660)

**Fuente:** Norma Técnica Peruana (NTP) 400.012, 2013

### ❖ Equipos

- Balanza electrónica para los ensayos de agregado fino y grueso: con aproximación de 0.1 g
- Tamices: Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.
- Horno: Mantendrá una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Tamices empleados para agregado fino (ver Tabla 27)

**Tabla 27:** *Tamices empleados para agregado fino*

Tamiz	Abertura (mm)
3/8"	9.500
N°4	4.750
N°8	2.360
N°16	1.180
N°30	0.600
N°50	0.300
N°100	0.150

**Fuente:** Medina y Moreno, 2018

- Tamices empleados para agregado grueso (ver Tabla 28).

**Tabla 28:** *Tamices empleados para agregado grueso*

Tamiz	Abertura (mm)
1"	25.000
3/4"	12.500
1/2"	19.000
3/8"	9.500
N°4	4.750
N°8	2.360
N°16	1.180

**Fuente:** Elaboración propia ,2019

#### ❖ Procedimiento

- Se seleccionó la muestra utilizando el método del cuarteo como lo estipula la NTP, se realizó utilizando un cucharón para formar un cono con el material fino y grueso, para luego ser dividido en cuatro partes similares, finalmente se escogió 2 partes en forma de una x.
- Se colocó en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C
- Luego se pesó la muestra de 500 g para el agregado fino y para agregado grueso 2000 g.
- Así mismo se seleccionó tamices de tamaños adecuados

- Se armó los tamices en orden decreciente colocando en la base el fondo y en la parte superior la tapa correspondiente como lo indica la NTP 400.012, para luego introducir nuestros agregados a ensayar.
- Se agitó los tamices con el objetivo de que solo quede el material que es retenido.
- Finalmente se pesó el material retenido en cada tamiz.

#### **2.6.3.1.2.2. Contenido de humedad**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.185 “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”.

##### **❖ Materiales**

- Agregado con humedad natural de la cantera tanto fino como grueso.

##### **❖ Equipos**

- Taras: Recipientes de metal resisistente a temperaturas altas.
- Horno: Mantendrá una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Balanza electrónica para los ensayos de agregado fino y grueso: con aproximación de 0.1 g

##### **❖ Procedimiento**

- Se determinó la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %
- Se pesó el agregado en 3 taras o recipientes por cada tipo de agregado, utilizando una balanza con una aproximación de 0.1 g.
- Luego se colocó recipiente en el horno por un tiempo de 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Cumplido el tiempo mínimo de 24 horas se retiró el material del horno para posteriormente pesarlas.

##### **❖ Cálculos**

Para el cálculo de la humedad total evaporable se utilizó la siguiente fórmula:

$$P = \frac{W-D}{D} \times 100$$

Donde:

P = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

### 2.6.3.1.2.3. **Peso unitario**

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 400.017 “Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados”.

#### ❖ **Materiales**

- Se utilizó agregados aproximadamente de 125% a 200 % la cantidad requerida para llenar el recipiente

#### ❖ **Equipos**

- Balanza: Una balanza electrónica con exactitud dentro el 0,1%

- Varilla de apisonado: Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.

- Recipiente: Un recipiente cilíndrico de metal, con bordes superior e inferior firmes y parejos con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones de trabajo, además tendrá una altura de menos del 80% ni más del 150% del diámetro.

- Cucharón: Un cucharón mediano para llenar el recipiente con el agregado.

### ❖ Procedimiento

- Se llenó el recipiente a un tercio del total, luego se apisonó la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie, posteriormente se llenó el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente se apisonó como anteriormente, finalmente se llenó el recipiente repitiendo el apisonado y se niveló la superficie del agregado.
- Se pesó en una balanza el recipiente con la muestra y sin muestra
- Por otro lado, se pesó el recipiente con agua a temperatura ambiente para obtener el volumen.
- Luego se pesó el recipiente con agua

### ❖ Cálculos

Para el cálculo del peso unitario suelto o compactado, se utiliza la siguiente fórmula:

$$M=(G-T) \times F$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en (kg/m<sup>3</sup>).

G = Peso del recipiente de medida más el agregado (kg).

T = Peso del recipiente de medida (kg).

F = Factor del recipiente de medida (m<sup>-3</sup>).

#### 2.6.3.1.2.4. Gravedad específica y absorción

Este ensayo se realizó según la NTP 400.022 “Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”.

### ❖ Materiales

- Se utilizó aproximadamente 1000 g de agregado fino.

### ❖ Equipos

- Balanza: Una balanza electrónica con una precisión de 0,1 g.

- Pinómetro: Un matraz afrado de  $500 \text{ cm}^3$  de capacidad, equipado con una tapa picnómetro
- Molde para los ensayos superficiales de humedad: El molde metálico tiene la forma de un cono con las siguientes dimensiones  $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro en la parte interior y en la parte superior  $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interior, en la parte inferior  $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de altura.
- barra compactadora: Una barra de metal con una masa de  $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$  y una cara plana circular de apisonado de  $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro.
- Estufa: Una estufa con temperatura uniforme de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Horno: Un horno con temperatura uniforme de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### ❖ Procedimiento

- Se colocó la muestra en un recipiente y se llevó al horno en un tiempo de 24 horas.
- Luego se retiró la muestra y se cubrió con agua por 24 horas.
- Posteriormente se decantó el exceso de agua teniendo cuidado de no desperdiciar el material, ya que son muy finos.
- Inmediatamente se puso en la estufa con temperatura uniforme de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  con un secado homogéneo.
- Luego se realizó el ensayo superficial hasta que la prueba nos indicó que alcanzó la condición de saturada superficialmente seca.
- Se hizo la prueba de humedad superficial colocando el molde firmemente sobre una superficie no absorbente suave con el diámetro mayor hacia abajo. Luego se colocó una porción de agregado fino suelto parcialmente seco en el molde llenándolo hasta el tope y ligeramente se apisonó el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora, posteriormente se levantó el molde verticalmente comprobando si la humedad de la superficie está todavía presente, se realizó varios ensayos hasta comprobar que el agregado fino conservó la forma moldeada.

- Después se llenó el material en un frasco con 500 gramos de muestra, agitando manualmente el frasco, luego eliminamos las burbujas de aire con una temperatura de  $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Se pesó el frasco con el material, también se peso con agua para poder obtener el volumen y el peso del frasco vacío.
- Finalmente se retiró el agregado fino y se seco en el horno durante 24 horas, luego se peso la muestra seca.

#### ❖ Cálculos

- Peso específico de masa (Pem):

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V-V_a)} \times 100$$

Donde:

Pem = Peso específico de masa (g).

W<sub>o</sub> = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

V = Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>).

V<sub>a</sub> = Peso en gramos (g) o volumen (cm<sup>3</sup>) de agua añadida al frasco.

- Peso específico de masa saturada con superficie seca (P<sub>esss</sub>)

$$P_{esss} = \frac{500}{(V-V_a)} \times 100$$

- Peso específico aparente (P<sub>ea</sub>)

$$P_{ea} = \frac{W_o}{(V-V_a)-(500-W_o)} \times 100$$

- Absorción (Ab)

$$A_b = \frac{500-W_o}{W_o} \times 100$$

### 2.6.3.1.2.5. Peso específico y absorción

Este ensayo se realizó según la NTP 400.021 “Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso”.

#### ❖ Materiales

- La muestra para este ensayo se realizó de acuerdo al tamaño máximo nominal (ver tabla 29)

**Tabla 29:** Masa mínima de muestra para el ensayo

Tamaño máximo nominal mm (pulg.)	Masa mínima de la muestra de ensayo kg (lb)
12.5 (1/2) o menor	2 (4,4)
19.0 (3/4)	3 (6,6)
25.0 (1)	4 (8,8)
37.5 (1.1/2)	6 (11)
50.0 (2)	8 (18)
63 (2.1/2)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3.1/2)	25 (55)
100.0 (4)	40 (88)
125 (6)	75 (165)

Fuente: NTP, 2013

#### ❖ Equipos

- Balanza: Una balanza electrónica con una precisión de 0,1 g.
- Recipiente para muestra: Una canasta de alambre de 3,35 mm (N°6) para que evite la retención de aire cuando se sumerge en agua.
- Tanque de agua: Un recipiente hermético, en la que se colocará el recipiente de la muestra mientras está suspendido debajo de la balanza.
- Horno: Un horno con temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### ❖ Procedimiento

- Se secó la muestra de ensayo en horno con temperatura uniforme de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . por un periodo mínimo de 24 horas.

- Luego se sumergió el material en un recipiente con agua por un periodo mínimo de 24 horas.
- Posteriormente se retiró el material del agua para ser secado con un paño absorbente eliminando todas las partículas visibles de agua
- Se pesó la masa de muestra en una balanza electrónica en condición de superficie saturada seca.
- Después se colocó la muestra saturada superficialmente seca en la canasta para ser sumergido en el agua y pesar su peso.

#### ❖ Cálculos

- Peso específico

$$P_{em} = \frac{A}{(B-C)} \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire (g).

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (g).

C = Peso en el agua de la muestra saturada (g).

- Peso específico de masa saturada con superficie seca ( $P_{esss}$ )

$$P_{esss} = \frac{B}{(B-C)} \times 100$$

- Peso específico aparente ( $P_{ea}$ )

$$P_{ea} = \frac{A}{(A-C)} \times 100$$

- Absorción ( $A_b$ )

$$A_b(\%) = \frac{(B-A)}{A} \times 100$$

## 2.6.3.2. Trabajos de gabinete

### 2.6.3.2.1. Diseño de mezcla según ACI 211

Para este proyecto de investigación se realizó el diseño de mezcla siguiendo los parámetros del ACI 211,

- Según la NTP 399.611 la resistencia para adoquines tipo II, la unidad de adoquin debe resistir  $f'c$  340 kgf/cm<sup>2</sup>, por el cual se escogio está resistencia para la elaboración del diseño de mezcla.
- Se calculó la resistencia a la compresión requerida mediante la siguiente (ver tabla 30)

**Tabla 30:** Resistencia a la compresión requerida

Resistencia a la compresión ( $f'c$ )	Resistencia a la compresión requerida ( $f'cr$ )
Menor a 210 kgf/cm <sup>2</sup>	$f'c + 70$
210 kgf/cm <sup>2</sup> – 350 kgf/cm <sup>2</sup>	$f'c + 84$
Mayor a 350 kgf/cm <sup>2</sup>	$f'c + 98$

**Fuente:** ACI 211, 2016

- Luego se seleccionó el asentamiento de acuerdo a los siguientes valores que nos brinda el ACI 211 (ver tabla 31)

**Tabla 31:** Asentamiento según según el tipo de estructuras

Tipo de Estructura	Slump Máx.	Slump Mín.
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

**Fuente:** ACI 211, 2016

- Según la granulometría realizado al agregado grueso se obtuvo el Tamaño Nominal Máximo (TNM)
- Después se seleccionó el contenido de agua de acuerdo a la siguiente tabla 32 y también se seleccionó el contenido de aire atrapado según la tabla 33.

**Tabla 32:** *Volumen de Agua por m<sup>3</sup>. Agua en litros/m<sup>3</sup> para TNM de agregados y consistencia*

Asentamiento (1" = 25mm)	Tamaño Máximo del Agregado Grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	168	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--

**Fuente:** ACI 211, 2016

**Tabla 33:** *Contenido de aire atrapado*

TNM Agregado Grueso	Aire Atrapado %	
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

**Fuente:** ACI 211, 2016

- Luego se seleccionó la relación agua/cemento por resistencia a compresión, la resistencia requerida de no encontrarse en la tabla 34 se procede a interpolar los valores.

**Tabla 34:** *Relación agua/cemento por resistencia para  $f'_{cr}$*

$f'_{c}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
420	0.41	-
450	0.38	-

**Fuente:** ACI 211, 2016

- Posteriormente se cálculo el contenido de cemento en kilogramos (kg), mediante la siguiente fórmula.

$$\frac{\text{Cantidad de agua (Litros)}}{\text{Cantidad de cemento (Kg)}} = \text{Relación agua cemento obtenida}$$

- Se obtuvo el peso del agregado grueso mediante la tabla 35 que proporciona el valor de  $b/b_0$  donde  $b_0$  y  $b$  son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso.
- Según el módulo de finura obtenido en la granulometría del agregado fino y el Tamaño Máximo Nominal se procedió a obtener el volumen en m<sup>3</sup> de agregado grueso.

**Tabla 35:** *Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/b0)*

TNM Agregado Grueso		Módulo de finura del Agregado Fino			
		2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19.0 mm	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** ACI 211, 2016

- Se cálculo el volumen absuelto mediante la siguientes fórmulas:

$$\text{Agregado grueso} = \frac{b}{b_0} x (\text{Peso unitario compactado del agregado grueso})$$

$$\text{volumen del material (m}^3\text{)} = \frac{\text{peso obtenido}}{\text{peso específico del material}}$$

$$\text{Volumen de aire (m}^3\text{)} = \frac{\text{porcentaje de aire}}{100}$$

- Se obtuvo el volumen absoluto del agregado fino restando 1 m<sup>3</sup> menos la sumatoria de los volúmenes del agua, aire, cemento y agregado grueso.
- Luego se obtuvo el volumen absoluto del agregado fino se multiplicó por su peso específico y de esta manera se obtuvo el peso del fino en kilogramos (kg).
- Se realizó la corrección por humedad de agregado grueso y fino utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Corrección (kg)} = \text{peso del material} * \left( \frac{\% \text{ humedad}}{100} + 1 \right)$$

- Finalmente se calculó el aporte de agua de los agregados mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Aporte del agregado (lt)} = \frac{(\% \text{ humedad} - \% \text{ absorción}) * \text{peso seco}}{100}$$

### **2.6.3.2.2. Elaboración de probetas**

#### **2.6.3.2.2.1. Dosificación**

- Se dosificó cada insumo para cada una de las mezclas con cenizas de ladrillos artesanales de acuerdo a los porcentajes 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y la muestra patrón.

#### **2.6.3.2.2.2. Preparación de la mezcla**

- Para la preparación de mezcla se utilizó un trompo, cucharón.
- Primero se agregó el agregado grueso seguidamente el agregado fino posteriormente el cemento con las cenizas de ladrillos artesanales, finalmente se añadió agua.

#### **2.6.3.2.2.3. Asentamiento del concreto**

- Se realizó el asentamiento del concreto de acuerdo a la NTP 399.035, utilizando un molde de metal en forma de una superficie lateral de un tronco de cono, con diámetro de 200 mm (8 pulgadas) en la base inferior, un diámetro superior de 100 mm (4 pulgadas) y una altura de 300 mm (12 pulgadas), una regla, un cucharón y una barra compactadora de acero liso de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud.

#### **2.6.3.2.2.4. Llenado de la mezcla al molde**

- Luego se transportó las cantidades requeridas a los moldes y se dejó dentro de estas por un tiempo de 24 horas.

#### **2.6.3.2.2.5. Secado**

- Una vez cumplido con el secado de 24 horas como mínimo se retiró del molde los adoquines.

#### **2.6.3.2.2.6. Curado**

- Luego se transportó los adoquines al recipiente de curado del laboratorio de la Universidad Privada Del Norte.
- Se retiró los adoquines a los 3, 7 y 28 de la poza de curado, se transportó a un lugar adecuado para realizar los respectivos ensayos.

#### **2.6.3.2.3. Propiedades mecánicas**

##### **2.6.3.2.3.1. Resistencia a la compresión**

Este ensayo se realizó según la NTP 399.604 “Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”.

##### **❖ Materiales**

Adoquines: Se utilizó 3 especímenes para el ensayo a compresión a 3 y 7 días de curado y 6 para los 28 días de curado, con las requerimientos mínimos que indica la NTP 399.611.

##### **❖ Equipos**

- Prensa hidráulica: La máquina será equipada con dos bloques de soporte de acero, uno de los cuales es una rótula con plato que transmitirá la carga a la superficie superior
- Regla: Una regla de 30 cm

##### **❖ Procedimiento**

- Se tomó medida de cada uno de los especímenes con una regla.
- Luego colocó los especímenes a ensayar en el centroide de sus superficies de apoyo alineada horizontalmente con el centro de empuje de rotura de la máquina prensa hidráulica.

##### **❖ Cálculos**

- Para calcular la resistencia a la compresión de utilizó la siguiente fórmula

$$\text{resistencia a la compresión (kg/cm}^3\text{)} = \frac{P \text{ max}}{A}$$

P max= Carga máxima de rotura (kg)

A=Área bruta de la sección (cm<sup>2</sup>)

### 2.6.3.2.3.2. Absorción

Este ensayo se realizó según la NTP 399.604 “Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”.

#### ❖ Materiales

- Adoquines: Se utilizó 3 especímenes para el ensayo de absorción, para cada dosificación.

#### ❖ Equipos

- Balanza: Una balanza electrónica con una precisión de 0,1 g.
- Recipiente: Un recipiente para agua
- Horno: Un horno con temperatura uniforme de 110 °C ± 115 °C.

#### ❖ Procedimiento

- Se sumergió los adoquines en un recipiente lleno de agua, por un tiempo de 24 horas.
- Luego de cumplir con el tiempo requerido se retiró los especímenes del agua y se secó con un paño, posteriormente se pesó.
- Finalmente, los adoquines se les colocó en el horno por 24 horas, luego se pesó para obtener el peso seco del adoquín al horno

#### ❖ Cálculos

- Para calcular el porcentaje de absorción se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Absorción (kg/m}^3\text{)} = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \times 1000$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100$$

Donde:

W<sub>s</sub>= peso saturado del espécimen (kg)

W<sub>i</sub>= peso sumergido del espécimen (kg)

W<sub>d</sub>= peso seco al horno del espécimen (kg)

## **2.7. Métodos, instrumentos y procedimiento de análisis de datos**

### **2.7.1. Método de análisis de datos**

En el presente proyecto de investigación para realizar el análisis estadístico de datos se empleará el método de Inferencia Estadística, porque a partir de los resultados obtenidos al calcular la muestra nos permite inducir el comportamiento en una población específica con un margen de error medible en probabilidad.

### **2.7.2. Instrumento de análisis de datos**

El instrumento que se utilizará es la prueba de ANOVA, ya que nos ayudará a analizar las diferencias entre las seis poblaciones de muestra independientes, con el tamaño de muestra obtenida, cuyos resultados o datos obtenidos de la hoja de observaciones serán medibles en escala ordinal, para ello primero se realizará la prueba de Shapiro-Wilk, para comprobar si cumple con el criterio de Normalidad, luego se utilizará la prueba de Levene, para comprobar si cumple con la igualdad de varianzas, finalmente se realizará la prueba de hipótesis mediante el ANOVA de un factor. Para el análisis de datos del presente proyecto de investigación se utilizará el software estadístico SPSS (Statistical Package For The Social Sciences).

Para la prueba de hipótesis se consideran dos hipótesis:

- Hipótesis nula ( $H_0$ ): Indica que hay igualdad entre los valores de los resultados que serán comparados.
- Hipótesis alterna ( $H_1$ ): Indica que hay variación entre los valores de los resultados que serán comparados.

### **2.7.3. Procedimiento de análisis de datos**

El procedimiento para el análisis de datos se realizarán de acuerdo con las hipótesis específicas descritas en las anteriores tablas, en la cual se establece afirmaciones para la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alterna ( $H_1$ ), luego se determinará el porcentaje de error y el nivel de confianza,

posteriormente se debe cumplir con los parámetros para poder calcular el P-Valor (Valor de la prueba), los cuales son:

- La normalidad que se comprobará que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuye normalmente, para ello se utilizará la prueba de Shapiro- Wilk, porque el tamaño de la muestra es dieciocho para cada tiempo de curado y suele ser la muestra menor a cincuenta, para ello se determinará si presenta normalidad o no de la siguiente manera:

P-Valor  $\geq 0.05$ , se acepta  $H_0$ , los datos provienen de una distribución normal

P-Valor  $< 0.05$ , se acepta  $H_1$ , los datos no provienen de una distribución normal

- Igualdad de varianza para esto se utilizará la prueba de Levene, para ello se determinará si presenta o no igualdad de varianza de la siguiente manera.

P-Valor  $\geq 0.05$ , se acepta  $H_0$ , las varianzas presentan igualdad

P-Valor  $< 0.05$ , se acepta  $H_1$ , presenta diferencias significativas entre varianzas.

Finalmente se calcula el P-Valor con la prueba ANOVA DE UN FACTOR para muestras independientes y se toma la decisión estadística, para ello se determinará con el siguiente criterio:

- Si la probabilidad obtenida P-Valor  $\geq 0.05$ , se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ )
- Si la probabilidad obtenida P-Valor  $< 0.05$ , se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ )

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS

En este presente capítulo se presenta los resultados de la caracterización de la materia prima, a los cuales se les realizó ensayos de análisis granulométrico, contenido de humedad, peso específico, peso unitario y absorción, que posteriormente serán utilizadas para la mezcla de fabricación de adoquines de concreto tradicionales y con adición de cenizas de ladrillos artesanales, también se ha tomado medidas de las dimensiones, absorción y la resistencia a la compresión.

### 3.1 Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP400.012)

#### 3.1.1. Agregado fino

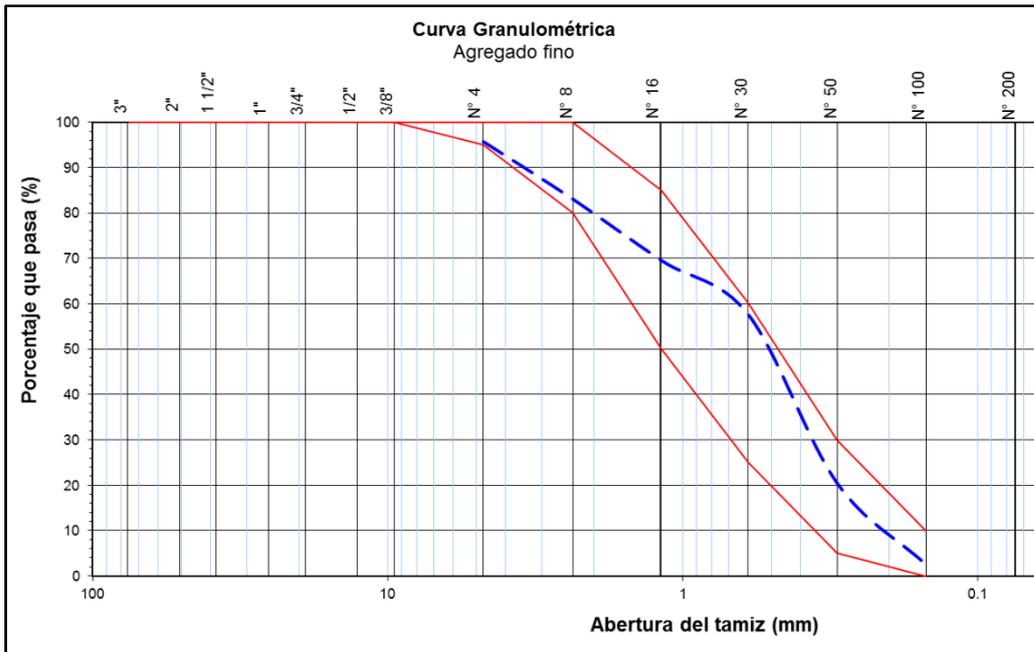
Según el análisis del agregado fino el módulo de finura es: 2.7. Con una muestra de 1500 gramos.

**Tabla 36:** Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)
Nº 4	4.750	64.0	4.27	4.27	95.73
Nº 8	2.360	190.0	12.68	16.96	83.04
Nº 16	1.180	203.0	13.55	30.51	69.49
Nº 30	0.600	178.0	11.88	42.39	57.61
Nº 50	0.300	556.0	37.12	79.51	20.49
Nº 100	0.150	269.0	17.96	97.46	2.54
Fondo		38.0	2.54	100.00	0.00

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 8:** Curva granulométrica del agregado fino



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.1.2. Agregado grueso

Para el agregado grueso se utilizó 2000 gramos, cuyo Tamaño Máximo Nominal es 3/ 4 y Tamaño Máximo 1”

**Tabla 37:** Análisis granulométrico del agregado grueso

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)
1"	25.000				
3/4"	19.000	54	2.7	2.7	97.3
1/2"	12.500	370	18.5	21.3	78.7
3/8"	9.500	386	19.3	40.6	59.4
Nº 4	4.750	1078	54.0	94.6	5.4
Nº 8	2.360	101	5.1	99.7	0.3
Nº 16	1.180	2	0.1	99.8	0.2
Nº 30	0.600	1	0.1	99.8	0.2
Nº 50	0.300	1	0.1	99.9	0.1
Nº 100	0.150	1	0.1	99.9	0.1
Fondo		1	0.1	100.0	0.0

**Fuente:** Elaboración propia, 2019



### 3.2.2. Agregado grueso

**Tabla 39:** *Contenido de humedad del agregado grueso*

N° Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	W (%) Húmedad individual	W promedio (%)
1	3000	2984	0.54	
2	3000	2986	0.47	0.49
3	3000	2986	0.47	

**Fuente:** *Elaboración propia, 2019*

### 3.3. Peso unitario de los agregados (NTP400.022)

#### 3.3.1. Peso unitario seco suelto del agregado fino

**Tabla 40:** *Peso unitario seco suelto agregado fino*

N° Muestra	Peso del recipiente mas agregado suelto (kg)	Peso del recipiente (kg)	Volumen de medida (m3)	Peso unitario del agregado (kg/m3)	Promedio (kg/m3)
1	28.688	5.52	0.013890	1670	
2	28.750	5.52	0.013890	1670	1670
3	28.770	5.52	0.013890	1670	

**Fuente:** *Elaboración propia, 2019*

### 3.3.2. Peso unitario seco suelto del agregado grueso

**Tabla 41:** *Peso unitario seco suelto agregado grueso*

N° Muestra	Peso del recipiente más el agregado suelto (kg)	Peso del recipiente (kg)	Volumen de medida (m <sup>3</sup> )	Peso unitario del agregado (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
1	26.170	5.52	0.013890	1490	
2	26.204	5.52	0.013890	1490	1490
3	26.036	5.52	0.013890	1480	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.3.3. Peso unitario compactado del agregado fino

**Tabla 42:** *Peso unitario seco compactado del agregado grueso*

N° Muestra	Peso del recipiente más agregado suelto (kg)	Peso del recipiente (kg)	Volumen de medida (m <sup>3</sup> )	Peso unitario del agregado (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
1	30.896	5.52	0.013890	1830	
2	30.952	5.52	0.013890	1830	1830
3	30.948	5.52	0.013890	1830	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.3.4. Peso unitario compactado del agregado grueso

**Tabla 43:** *Peso unitario seco compactado del agregado grueso*

Nº Muestra	Peso del recipiente más el agregado suelto (kg)	Peso del recipiente (kg)	Volumen de medida (m <sup>3</sup> )	Peso unitario del agregado (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
1	27.506	5.52	0.013890	1590	
2	27.838	5.52	0.013890	1610	
3	27.714	5.52	0.013890	1600	1600

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.4. Peso específico y absorción de los agregados

#### 3.4.1. Peso específico y absorción del agregado fino (400.022)

**Tabla 44:** *Peso específico y absorción del agregado fino*

Descripción	Nº de ensayo		
	1	2	3
Peso de la fiola (gr) + Muestra+ Agua	984	986	984
Peso fiola + aguas (gr)	668	670	666
Peso del agua (W)	184	186	182
Peso del agregado seca al horno	498	497	496
Volumen de la fiola (g)	500	500	500
peso de la fiola	484	484	484
Peso específico de masa (Pem) (kg/m <sup>3</sup> )	2710	2700	2730
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2710	
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pess) (kg/m <sup>3</sup> )	2720	2720	2750
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2730	
Peso específico aparente (Pea) (kg/m <sup>3</sup> )	2740	2750	2790
Promedio (kg/m <sup>3</sup> )		2760	
Absorción (%)	0.40	0.60	0.81
Promedio (%)		0.60	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.4.2. Peso específico y absorción del agregado grueso (400.021)

**Tabla 45:** *Peso específico y absorción del agregado grueso*

Descripción	N° de ensayo		
	1	2	3
Peso de la muestra seca (gr)	2966	2964	2966
Peso saturada superficialmente seca (gr)	3020	3014	3028
Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	1885	1886	1885
Peso específico de masa (Pem) (kg/m <sup>3</sup> )	260	260	260
		260	
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pess) (kg/m <sup>3</sup> )	270	270	260
		270	
Peso específico aparente (Pea) (kg/m <sup>3</sup> )	270	270	270
		270	
Absorción (%)	1.82	1.69	2.09
Promedio (%)		1.87	

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.5. Diseño de mezcla (ACI 211)

#### ❖ Datos

- Cemento Pacasmayo tipo MS con las especificaciones técnicas del ASTM C1157
- $F'c: 340 \text{ kg/cm}^2$
- Contenido de aire 2%
- Slump 3"

#### ❖ Agregados

- Las características de los agregados finos y gruesos son los siguientes (ver tabla 46)

**Tabla 46:** Características de los agregados

Ensayo	A. Fino	A.Grueso
MF	2.70	6.95
TM		1"
TMN		3/4"
% Humedad	0.74	0.49
% Absorción	0.60	1.87
PeM (Kg/m <sup>3</sup> )	2710	2610
PeSSS (Kg/m <sup>3</sup> )	2730	2660
PeA (Kg/m <sup>3</sup> )	2760	2740
PUSS (Kg/m <sup>3</sup> )	1670	1490
PUSC (kg/m <sup>3</sup> )	1830	1600

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## ❖ Diseño

Para la elaboración de 12 probetas de adoquines (tanda de producción) por cada dosificación, según el ACI 211 se obtuvieron los siguientes resultados (ver tabla 47)

**Tabla 47:** Cantidad de material para cada dosificación

Descripción	Porcentaje de adición de cenizas de ladrillos artesanales					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Ceniza (kg)	0.00	0.48	0.97	1.45	1.94	2.42
Cemento MS (kg)	9.70	9.21	8.73	8.24	7.76	7.27
Agua (l)	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18
Arena (kg)	14.54	14.54	14.54	14.54	14.54	14.54
Piedra (kg)	19.45	19.45	19.45	19.45	19.45	19.45
Aire	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
P. Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	47.88	47.88	47.88	47.88	47.88	47.88

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.6. Asentamiento del concreto

También se realizó el asentamiento del concreto, para medir la trabajabilidad que genera cada dosificación con adición de cenizas de ladrillos artesanales. (ver tabla 48)

**Tabla 48:** *Asentamiento del concreto*

---

porcentaje de adición de cenizas	Asentamiento (cm)
0%	7.5
5%	7.8
10%	8
15%	9.2
20%	9.8
25%	10.5

---

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.7. Resistencia a la compresión

Se realizaron 72 ensayos a la compresión con las distintas dosificaciones y a los distintos días de curado tal como se muestran en las siguientes tablas 49, 50 y 51.

**Tabla 49:** Resistencia a la compresión a los 3 días de curado

Porcentaje de adición de cenizas	Descripción	N° Probeta	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 340 kg/cm <sup>2</sup>
		P-1	183.58		
0%	Patrón	P-2	188.55	188.79	56%
		P-3	194.23		
		A-1	192.30		
5%	Cenizas	A-2	202.74	202.03	59%
		A-3	211.06		
		B-1	212.53		
10%	Cenizas	B-2	221.27	217.88	64%
		B-3	219.83		
		C-1	183.15		
15%	Cenizas	C-2	194.19	189.03	56%
		C-3	189.76		
		D-1	160.01		
20%	Cenizas	D-2	147.62	153.33	45%
		D-3	152.36		
		E-1	142.98		
25%	Cenizas	E-2	135.50	144.01	42%
		E-3	153.56		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 50:** Resistencia a la compresión a los 7 días de curado

Porcentaje de adición de cenizas	Descripción	N° Probeta	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 340 kg/cm <sup>2</sup>
		P-4	232.02		
0%	Patrón	P-5	238.06	231.75	68%
		P-6	225.17		
		A-4	245.39		
5%	Cenizas	A-5	242.94	241.71	71%
		A-6	236.80		
		B-4	249.65		
10%	Cenizas	B-5	254.49	254.01	75%
		B-6	257.90		
		C-4	226.82		
15%	Cenizas	C-5	223.70	227.26	67%
		C-6	231.27		
		D-4	198.98		
20%	Cenizas	D-5	201.58	201.88	59%
		D-6	205.08		
		E-4	187.13		
25%	Cenizas	E-5	173.57	179.89	53%
		E-6	178.97		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 51:** Resistencia a la compresión a los 28 días de curado

Porcentaje de adición de cenizas	Descripción	Nº Probeta	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje de resistencia con respecto a 340 kg/cm <sup>2</sup>
		P-7	361.44		
0%	patrón	P-8	354.19	360.69	106%
		P-9	366.43		
		A-7	377.78		
5%	cenizas	A-8	374.28	373.84	110%
		A-9	369.45		
		B-7	387.25		
10%	cenizas	B-8	383.29	385.29	113%
		B-9	385.33		
		C-7	357.74		
15%	cenizas	C-8	354.48	355.89	105%
		C-9	355.46		
		D-7	324.27		
20%	cenizas	D-8	325.97	324.13	95%
		D-9	322.14		
		E-7	300.93		
25%	cenizas	E-8	299.11	297.74	88%
		E-9	293.19		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.8. Prueba de Hipótesis para probetas ensayadas a los 3 días de curado

La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales como reemplazo del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm<sup>2</sup>.

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** No existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

**Hipótesis alterna (H1):** Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

- Análisis de resultados descriptivos.

*Tabla 52: Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión*

Descripción	Media	95% del intervalo de confianza para la media		Varianza	Desviación Estandar	Mínimo	Máximo
		Límite inferior	Límite superior				
Probetas Patrón	188.79	175.55	202.02	28.40	5.33	183.58	194.23
Probetas con 5% de cenizas	202.03	178.68	225.38	88.36	9.40	192.30	211.06
Probetas con 10% de cenizas	217.88	206.24	229.52	21.96	4.69	212.53	221.27
Probetas con 15% de cenizas	189.03	175.23	202.83	30.87	5.56	183.15	194.19
Probetas con 20% de cenizas	153.33	137.80	168.86	39.08	6.25	147.62	160.01
Probetas con 25% de cenizas	144.01	121.47	166.56	82.34	9.07	135.50	153.56

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Análisis de los resultados obtenidos, para corroborar que la variable aleatoria se distribuye normalmente entre los grupos.

**Tabla 53:** *Análisis de normalidad*

Shapiro-Wilk				
Descripción	Estadístico	N° Probetas	Significancia	Análisis
Probetas Patrón	0.184	3	0.927	Si presenta normalidad
Probetas con 5% de cenizas	0.197	3	0.876	Si presenta normalidad
Probetas con 10% de cenizas	0.328	3	0.295	Si presenta normalidad
Probetas con 15% de cenizas	0.219	3	0.783	Si presenta normalidad
Probetas con 20% de cenizas	0.228	3	0.743	Si presenta normalidad
Probetas con 25% de cenizas	0.212	3	0.811	Si presenta normalidad

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Análisis de prueba de homogeneidad de varianzas aplicando el estadístico de Levene para la comparación de los resultados obtenidos de resistencia a la compresión de adoquines.

**Tabla 54:** *Análisis de Homogeneidad de varianzas*

Descripción	Estadístico de Levene	Significancia	Análisis
Se basa en la media	0.432	0.818	Si presenta homogeneidad

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Prueba de hipótesis aplicando ANOVA

**Tabla 55:** Prueba de hipótesis, Anova

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	12142.133	2428.427	50.069	0.000

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

Conclusión:

Como el valor de significancia es menor que 0.05 Se acepta la variable alterna (H1), Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

### 3.9. Prueba de Hipótesis para probetas ensayadas a los 7 días de curado

La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales como reemplaz del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm<sup>2</sup>.

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** No existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

**Hipótesis alterna (H<sub>1</sub>):** Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

- Análisis de resultados descriptivos.

**Tabla 56:** Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión

Descripción	Media	95% del intervalo de confianza para la media		Varianza	Desviación Estandar	Mínimo	Máximo
		Límite inferior	Límite superior				
Probetas Patrón	231.75	215.73	247.77	41.59	6.45	225.17	238.06
Probetas con 5% de cenizas	241.71	230.72	252.70	19.58	4.43	236.80	245.39
Probetas con 10% de cenizas	254.01	243.72	264.31	17.19	4.15	249.65	257.90
Probetas con 15% de cenizas	227.26	217.81	236.71	14.47	3.80	223.70	231.27
Probetas con 20% de cenizas	201.88	194.28	209.48	9.37	3.06	198.98	205.08
Probetas con 25% de cenizas	179.74	162.28	197.21	49.45	7.03	173.13	187.13

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Análisis de los resultados obtenidos, para corroborar que la variable aleatoria se distribuye normalmente entre los grupos.

**Tabla 57:** *Análisis de normalidad*

Shapiro-Wilk				
Descripción	Estadístico	N° Probetas	Significancia	Análisis
Probetas Patrón	0.999	3	0.931	Si presenta normalidad
Probetas con 5% de cenizas	0.942	3	0.536	Si presenta normalidad
Probetas con 10% de cenizas	0.990	3	0.810	Si presenta normalidad
Probetas con 15% de cenizas	0.990	3	0.807	Si presenta normalidad
Probetas con 20% de cenizas	0.993	3	0.838	Si presenta normalidad
Probetas con 25% de cenizas	0.991	3	0.818	Si presenta normalidad

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Análisis de prueba de homogeneidad de varianzas aplicando el estadístico de Levene para la comparación de los resultados obtenidos de resistencia a la compresión de adoquines.

**Tabla 58:** *Análisis de Homogeneidad de varianzas*

Descripción	Estadístico de Levene	Significancia	Análisis
Se basa en la media	0.510	0.763	Si presenta homogeneidad

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Prueba de hipótesis aplicando ANOVA

**Tabla 59:** Prueba de hipótesis, ANOVA

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11170.124	2234.025	88.387	0.000

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Conclusión:**

Como el valor de significancia es menor que 0.05 Se acepta la variable alterna (H1), Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

**3.10. Prueba de Hipótesis para probetas ensayadas a los 28 días de curado**

La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales como reemplazo del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm<sup>2</sup>.

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** No existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

**Hipótesis alterna (H<sub>1</sub>):** Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

- Análisis de resultados descriptivos.

**Tabla 60:** Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión

Descripción	Media	95% del intervalo de confianza para la media		Varianza	Desviación Estandar	Mínimo	Máximo
		Límite inferior	Límite superior				
Probetas Patrón	360.69	345.40	375.98	37.88	6.15	354.19	366.43
Probetas con 5% de cenizas	373.84	363.45	284.23	17.50	4.18	369.45	377.78
Probetas con 10% de cenizas	385.29	380.37	390.21	3.92	1.98	383.29	387.25
Probetas con 15% de cenizas	355.89	351.74	360.05	2.80	1.67	354.48	357.74
Probetas con 20% de cenizas	324.13	319.36	328.89	3.68	1.91	322.14	325.97
Probetas con 25% de cenizas	297.74	287.69	307.80	16.38	4.04	293.19	300.93

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Análisis de los resultados obtenidos, para corroborar que la variable aleatoria se distribuye normalmente entre los grupos.

**Tabla 61:** *Análisis de normalidad*

Shapiro-Wilk				
Descripción	Estadístico	N° Probetas	Significancia	Análisis
Probetas Patrón	0.989	3	0.797	Si presenta normalidad
Probetas con 5% de cenizas	0.992	3	0.824	Si presenta normalidad
Probetas con 10% de cenizas	1.000	3	0.967	Si presenta normalidad
Probetas con 15% de cenizas	0.950	3	0.568	Si presenta normalidad
Probetas con 20% de cenizas	0.996	3	0.876	Si presenta normalidad
Probetas con 25% de cenizas	0.914	3	0.433	Si presenta normalidad

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Análisis de prueba de homogeneidad de varianzas aplicando el estadístico de Levene para la comparación de los resultados obtenidos de resistencia a la compresión de adoquines.

**Tabla 62:** *Análisis de Homogeneidad de varianzas*

Descripción	Estadístico de Levene	Significancia	Análisis
Se basa en la media	1.466	0.271	Si presenta homogeneidad

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Prueba de hipótesis aplicando ANOVA

**Tabla 63:** Prueba de hipótesis, Anova

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	16085.150	3217.030	234.950	0.000

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Conclusión:**

Como el valor de significancia es menor que 0.05 Se acepta la variable alterna (H1), Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de la resistencia a la compresión de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

### 3.11. Absorción

Se realizó 3 probetas de cada diseño para calcular el promedio de absorción que estos presentan, en total 18 probetas fueron ensayadas para el cálculo de absorción.

**Tabla 64:** Resultados de absorción de probetas patrón

Probeta	Patrón		
Peso seco en horno (gr)	3762	3860	3752
Peso saturado (gr)	3945	3985	3835
Absorción (%)	4.86%	3.24%	2.21%
Absorción promedio	3.44%		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 65:** Resultados de absorción con 5% de cenizas de ladrillos artesanales

Probeta	Con 5% de cenizas		
Peso seco en horno (gr)	3835	3745	3805
Peso saturado (gr)	4010	3995	4055
Absorción (%)	4.56%	6.68%	6.57%
Absorción promedio	5.94%		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 66:** Resultados de absorción de probetas con 10% de cenizas de ladrillos artesanales

Probeta	Con 10% de cenizas		
Peso seco en horno (gr)	3725	3755	3685
Peso saturado (gr)	3980	3955	3980
Absorción (%)	6.85%	5.33%	8.01%
Absorción promedio	6.73%		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 67:** Resultados de absorción de probetas con 15% de cenizas de ladrillos artesanales

Probeta	Con 15% de cenizas		
Peso seco en horno (gr)	3880	3795	3725
Peso saturado (gr)	4090	3950	3995
Absorción (%)	5.41%	4.08%	7.25%
Absorción promedio	5.58%		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 68:** Resultados de absorción de probetas con 20% de cenizas de ladrillo artesanales

Probeta	Con 20% de cenizas		
Peso seco en horno (gr)	3810	3725	3855
Peso saturado (gr)	4035	3930	4055
Absorción (%)	5.91%	5.50%	5.19%
Absorción promedio	5.53%		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Tabla 69:** Resultados de absorción de probetas con 25% de cenizas de ladrillos artesanales

Probeta	Con 25% de cenizas		
Peso seco en horno (gr)	3795	3740	3765
Peso saturado (gr)	3980	3960	3955
Absorción (%)	4.87%	5.88%	5.27%
Absorción promedio	5.27%		

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 3.12. Prueba de Hipótesis para probetas ensayadas a la absorción

La aplicación de cenizas de ladrillos artesanales como reemplazo del cemento en el diseño de la mezcla del concreto, aumentará la absorción. De acuerdo al diseño de mezcla patrón de 340 kg/cm<sup>2</sup>.

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** No existe diferencias significativas entre las medias de los valores de absorción de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

**Hipótesis alterna (H<sub>1</sub>):** Existe diferencias significativas entre las medias de los valores de absorción de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

- Análisis de resultados descriptivos.

**Tabla 70:** Análisis de resultados descriptivos a la resistencia a la compresión

Descripción	Media	95% del intervalo de confianza para la media		Varianza	Desviación Estandar	Mínimo	Máximo
		Límite inferior	Límite superior				
Probetas Patrón	3.44	0.12	6.76	1.79	1.34	2.21	4.86
Probetas con 5% de cenizas	5.94	2.97	8.90	1.42	1.19	4.56	6.68
Probetas con 10% de cenizas	6.73	3.39	10.07	1.81	1.34	5.33	8.01
Probetas con 15% de cenizas	5.58	1.63	9.53	2.53	1.59	4.08	7.25
Probetas con 20% de cenizas	5.53	4.64	6.43	0.13	0.36	5.19	5.91
Probetas con 25% de cenizas	5.27	3.93	6.61	0.29	0.53	4.87	5.88

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Análisis de los resultados obtenidos, para corroborar que la variable aleatoria se distribuye normalmente entre los grupos.

**Tabla 71:** *Análisis de normalidad*

Shapiro-Wilk				
Descripción	Estadístico	N° Probetas	Significancia	Análisis
Probetas Patrón	0.984	3	0.756	Si presenta normalidad
Probetas con 5% de cenizas	0.789	3	0.088	Si presenta normalidad
Probetas con 10% de cenizas	0.994	3	0.852	Si presenta normalidad
Probetas con 15% de cenizas	0.991	3	0.823	Si presenta normalidad
Probetas con 20% de cenizas	0.994	3	0.847	Si presenta normalidad
Probetas con 25% de cenizas	0.879	3	0.321	Si presenta normalidad

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Análisis de prueba de homogeneidad de varianzas aplicando el estadístico de Levene para la comparación de los resultados obtenidos de absorción de adoquines.

**Tabla 72:** *Análisis de Homogeneidad de varianzas*

Descripción	Estadístico de Levene	Significancia	Análisis
Se basa en la media	1.166	0.380	Si presenta homogeneidad

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- Prueba de hipótesis aplicando ANOVA

**Tabla 73:** Prueba de hipótesis, Anova

Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17.935	3.587	2.700	0.074

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

Conclusión:

Como el valor de significancia es mayor que 0.05 Se acepta la variable nula ( $H_0$ ), No existe diferencias significativas entre las medias de los valores de absorción de los grupos de las probetas patrón y 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de cenizas de ladrillos artesanales.

## CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

#### 4.1.1. Caracterización de agregados

- Realizado el análisis granulométrico del agregado fino, tenemos que el módulo de finura es 2.70 siendo el resultado óptimo porque se encuentra dicho valor en el rango 2,3 y 3.1 Según la Norma 400.037
- En el análisis granulométrico del agregado grueso, se identificó que el Tamaño Máximo fue de 1" y el nominal de 3/4" con los parámetros de control HUSO 67.
- En lo que corresponde al contenido de humedad del agregado fino es de 0.74 % y el agregado grueso es de 0.49%.
- En el análisis de peso unitario seco suelto (PUSS) del agregado fino se obtuvo el valor de 1670 kg/m<sup>3</sup>; y para el agregado grueso 1490 kg/m<sup>3</sup> siendo estos resultados el promedio de los tres ensayos realizados.

- En el ensayo de peso unitario seco compactado (PUSC) del agregado fino se obtuvo 1830 kg/m<sup>3</sup> y en el agregado grueso 1600 kg/m<sup>3</sup>.
- En lo que corresponde al ensayo peso específico (PeA) del agregado fino se obtuvo 2760 kg/m<sup>3</sup> y del agregado grueso 2740 kg/m<sup>3</sup>.
- En el ensayo a la absorción del agregado fino se obtuvo 0.60 % y para el agregado grueso 1.87%

#### **4.1.2. Diseño de mezcla del concreto**

- Mediante el diseño de mezcla patrón se ha logrado obtener un concreto de acuerdo a como nos indica la norma del método de diseño de mezclas del comité ACI 211, de esta manera obtuvimos los resultados que están indicados en la tabla N°47 para un concreto de  $f'c=340$  kg/cm<sup>2</sup>, así mismo en esta tabla indicamos la cantidad de materiales de adición que se utilizará en cada porcentaje de adición, con respecto al peso del cemento.

#### **4.1.3. Asentamiento del concreto**

- Mediante el ensayo de asentamiento del concreto se corroboró que el concreto patrón cumple con el parámetro establecido en el diseño de mezcla de concreto de 3 pulgadas.

#### **4.1.4. Resistencia a la compresión**

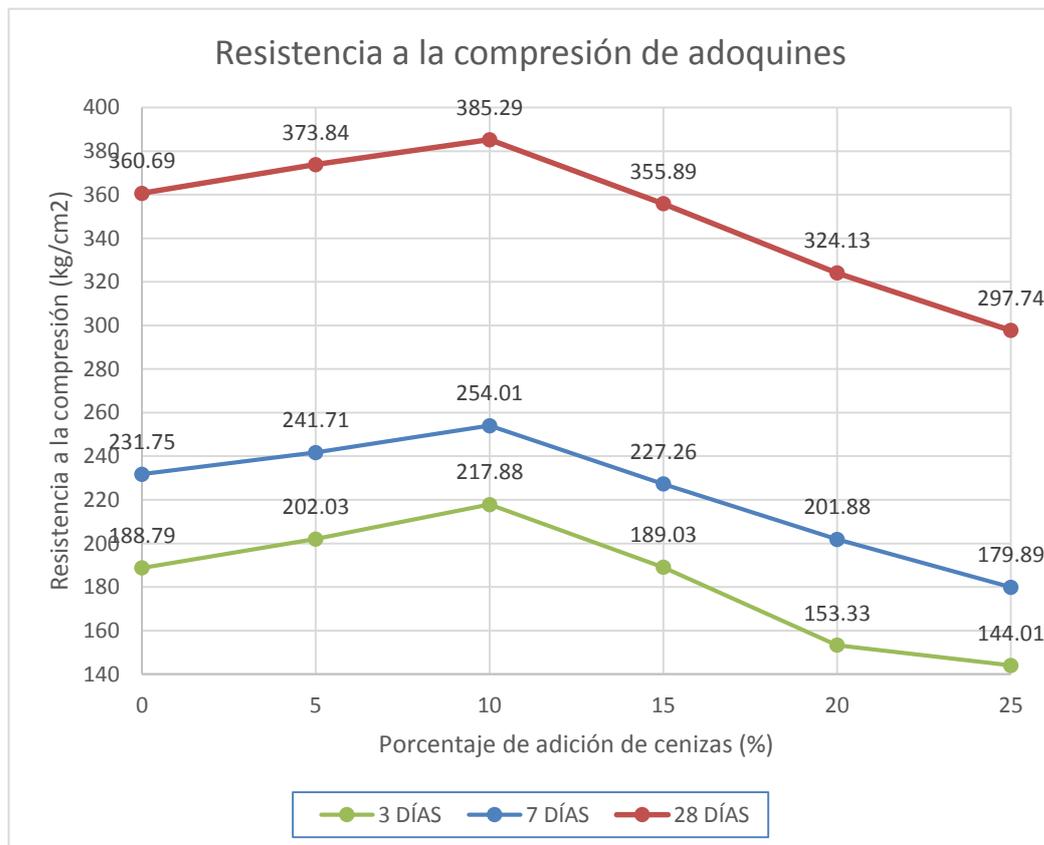
- Para los resultados de resistencia a la compresión se sacó el promedio de las tres probetas ensayadas con cada porcentaje de adición, así como las probetas patrón (0 % de adición), con los valores hallados de las probetas patrón cumplen con el diseño de mezclas  $f'c=340$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Para una edad de curado de 3 días, 7 días y 28 días: Para la probeta de concreto patrón se obtuvo una resistencia promedio de 188.79 kg/cm<sup>2</sup>, 231.75 kg/cm<sup>2</sup> y 360.69 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente y para las probetas de adoquines con adición en varios porcentajes de cenizas de ladrillos artesanales se obtuvieron resultados como lo muestra la tabla 74.

**Tabla 74:** Promedios de resultados a compresión

Porcentaje de adición (%)	Tiempo		
	3 Días (kg/cm <sup>2</sup> )	7 Días (kg/cm <sup>2</sup> )	28 Días (kg/cm <sup>2</sup> )
0	188.79	231.75	360.69
5	202.03	241.71	373.84
10	217.88	254.01	385.29
15	189.03	227.26	355.89
20	153.33	201.88	324.13
25	144.01	179.89	297.74

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 10:** Comparación de la resistencia a la compresión



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

Como podemos analizar en los resultados de las edades de curado a los 3 días, 7 días y 28 días, con respecto a las variaciones de la adición de cenizas de ladrillos artesanales, muestran un aumento considerable en la resistencia a la compresión hasta el 10% de adición de cenizas cumpliendo lo que indica la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.611, a partir del 15% de adición disminuye su resistencia con respecto a las probetas patrón de adoquines tipo II, disminuye su resistencia porque al quitar más cemento y agregarle cenizas en su reemplazo su trabajabilidad aumenta, por otro lado con el 20% y el 25% de adición de cenizas disminuye su resistencia considerablemente en la cual no cumplen con lo estipulado en la NTP 399.611.

Por otro lado se realizó el análisis de precios unitarios de las dosificaciones patrón, con 5 % y 10% de adición de cenizas respectivamente, siendo este último la dosificación óptima con un ahorro de 3.77% . En la siguiente tabla se muestran los precios para una tanda de 625 adoquines de concreto tipo II.

**Tabla 75:** *Precios para una tanda de 625 adoquines*

Descripción	Precios	Porcentaje de ahorro
Con 0% de adición de cenizas	S/. 661,04	0,00%
Con 5% de adición de cenizas	S/. 649,03	1,85%
Con 10% de adición de cenizas	S/. 637,03	3,77%

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

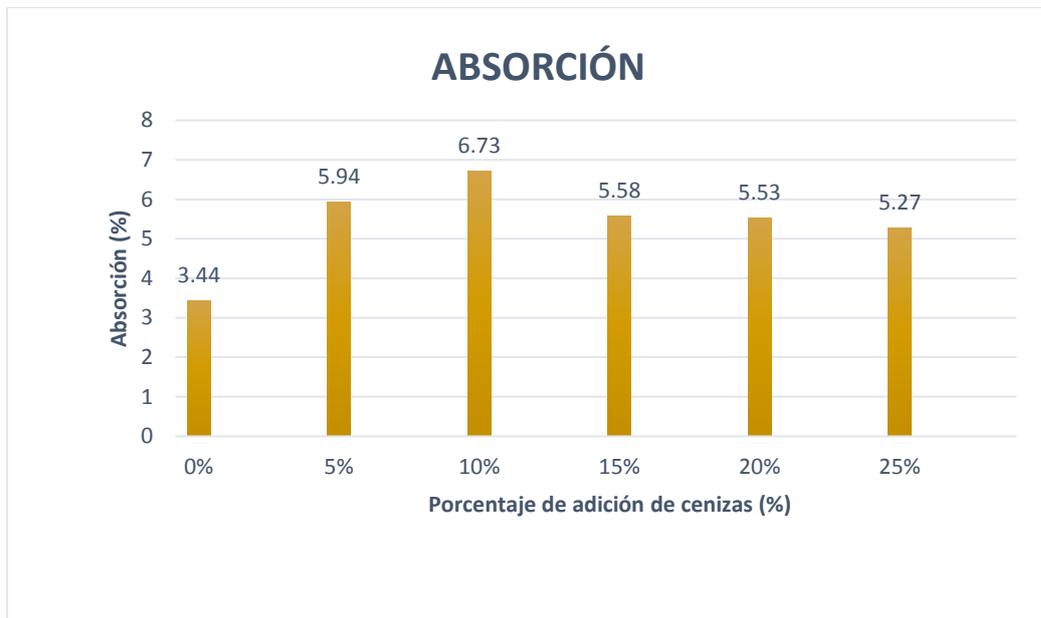
#### 4.1.5. Absorción

Para los resultados de absorción se realizó el cálculo del promedio de tres probetas ensayadas con cada porcentaje de adición, así como las probetas patrón (0 % de adición), con los valores hallados de las probetas patrón cumplen con la NTP 399.611.

Para las probetas de concreto patrón se obtuvo una absorción promedio de 3.44 %, 5.94% para probetas con el 5% de adición y 6.73 % de absorción para probetas con 10% de adición de cenizas de ladrillos artesanales.

En el caso de adoquines con porcentajes de cenizas de ladrillos artesanales promedio son 5.58% (15% de cenizas), 5.53% (20% de cenizas), 5.27 (25% de cenizas), por el cual también están cumpliendo con lo establecido por la NTP 399.611 donde el máximo porcentaje de absorción es de 7.5% para adoquines tipo II de tráfico vehicular ligero.

**Figura 11:** *Absorción*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## 4.2. CONCLUSIONES

- Se determinó la influencia de adoquines de concreto con adición de cenizas de ladrillos artesanales con respecto a la resistencia a la compresión.
- Se corroboró que la granulometría de los agregados de la cantera El Milagro cumplen con los parámetros establecidos por la norma NTP 400.012, por ende, pueden ser utilizados en la fabricación de adoquines.
- Se elaboraron adoquines de concreto adicionando cenizas de ladrillo artesanal empleando los requerimientos mínimos de la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.611, para ser sometidos a la resistencia a la compresión y absorción
- Los adoquines con el 10% de cenizas de ladrillos artesanales presentó mayor resistencia a compresión de 385.29 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y a partir de esto se determinó que si el porcentaje de adición aumenta la resistencia disminuye considerablemente.
- Se realizó un diseño de concreto de acuerdo al procedimiento del método de diseño de mezclas del comité ACI 211 obteniendo la dosificación mas óptima del 10% de adición de cenizas de ladrillos artesanales, además con está dosificación se logra un ahorro de 3.77% con respecto a la probeta patrón.
- Se logró determinar la curva de crecimiento de la resistencia a la compresión según los días de curado 3,7 y 28 días.
- Se determinó que la absorción de los adoquines con los diferentes porcentajes de adición de acuerdo a la NTP 399.611, se obtuvo que con el porcentaje de 10% de adición de cenizas presenta una mayor absorción de 6.73 % cumpliendo con la NTP 399.611, además a partir del 10 % la absorción empieza a disminuir.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se realicen adoquines de concreto con otros porcentajes de adición de cenizas de ladrillos artesanales, para ser evaluados a la resistencia a la compresión.
- Evaluar cómo influye la adición de cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la abrasión de adoquines.
- Evaluar sobre la investigación otras propiedades como resistencia al ataque de sulfatos y degradación en los adoquines.
- Proyectar pavimento y elaborar costos más detallados.

## REFERENCIAS

ANFALIT. (2002). *Diagnóstico de la industria ladrillera* . Bogotá: ANFALIT.

Barrantes, J., & Holguin, R. (2015). *Influencia del porcentaje de reemplazo de ceniza volante por cemento sobre la resistencia a la compresión y absorción en la fabricación de adoquines de tránsito liviano*. Trujillo- Perú.

Buzón, J. E. (2010). Fabricación de adoquines para uso en vías peatonales, usando cuesco de palma africana. *Revista de la Facultad de Ingeniería*.

Contreras, K., & Peña, J. (2017). "Análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla.". Universidad Privada Del Norte, Trujillo-Perú.

Correa, J., Iral, R., & Rojas, L. (2006). *Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza* . Medellín : Universidad Nacional de Colombia .

EcuRed. (28 de Marzo de 2014). *EcuRed*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Cemento\\_Portland](https://www.ecured.cu/Cemento_Portland)

Galicia Pérez, M. A., & Velásquez Curo, M. A. (2016). "Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ". Cusco - Perú.

Giraldo, O. (2006). *Dosificación de mezclas de hormigón*. Medellín, Colombia .

Gordejuela, I. (2004). *Expansión por humedad de los productos cerámicos españoles*. Madrid: Artículos Técnicos .

Huaquisto, S. (2015). Efecto de la ceniza volante en la resistencia del concreto en condiciones de clima natural. *Investigación Andina*. Recuperado el 05 de 02 de 2019, de

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAR\\_2e8a89637358fb2bc447d4610467f786](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAR_2e8a89637358fb2bc447d4610467f786)

Lopez, J. (7 de Febrero de 2019). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/varianza.html>

Lugo Mayor, J. D. (2014). *Efecto de las cenizas volantes tratadas termicamente como sustituto parcial del cemento en morteros*. Santiago de Cali. Obtenido de [https://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/3123/1/Efecto\\_cenizas\\_volantes\\_lugo\\_20104.pdf](https://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/3123/1/Efecto_cenizas_volantes_lugo_20104.pdf)

Martínez Mayancela, C. R. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre un adoquín convencional y adoquines preparados con diferentes fibras: Sintética (polipropileno), orgánica (estopa de coco), inorgánica (vidrio)*. Ambato-Ecuador.

Martinez, J. R. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre un adoquín convencional y adoquines preparados con diferentes fibras: sintética (polipropileno), orgánica (estopa de coco), inorgánica (vidrio)*. Ambato – Ecuador.

Ma-tay Pinel, D. E. (2014). *Valorización de cenizas de bagazo procedentes de honduras: Posibilidades de uso en matrices de cemento pórtland*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia-España.

Montiel, J. (2017). *Uso de agregados reciclados para la fabricación de adoquines que se pueden utilizar en la pavimentación de calles, avenidas y pasos peatonales*. México.

Mora, L. (11 de Noviembre de 2009). *Tradingcenter*. Obtenido de <https://tradingcenter.wordpress.com/2009/11/11/que-es-la-desviacion-estandar-y-como-interpretarla-1/>

Moreno, F. (1981). *El ladrillo en la construcción*. Madrid: Ediciones CEAC.

- NTP 339.088. (2006). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland*. Lima : INDECOPI.
- NTP 339.185. (2013). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima: INDECOPI.
- NTP 399.604. (2002). *Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*. Lima: INDECOPI.
- NTP 399.611. (2015). *Unidades de albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.012. (2013). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.017. (2011). *Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.021. (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.022. (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima: INDECOPI.
- Orrala Yagual , F. A., & Gómez Suárez , F. G. (2015). *Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón con adición de puzolana obtenida de la calcinación de residuos del cultivo de maíz producido en la provincia de Santa Elena*. La Libertad, Ecuador.
- PAVITEX. (30 de Marzo de 2016). *PAVITEX - Pavimento Texturado Decorativo* . Obtenido de <http://www.pavitex.cl/las-ventajas-los-adoquines-concreto/>
- psyma. (4 de Noviembre de 2015). *psyma*. Obtenido de <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>

Rivera, G. (2013). *Concreto Simple* . Cauca: Universidad de Cauca .

Rubio, L. A. (2014). *Manual de estadística*. Trujillo.

Salgado, D. (12 de Diciembre de 2018). Obtenido de  
[http://www.estadisticacondago.com/images/estadistica\\_inferencial/pruebas%20de%20normalidad.pdf](http://www.estadisticacondago.com/images/estadistica_inferencial/pruebas%20de%20normalidad.pdf)

Salgado, D. (12 de Diciembre de 2018). *Estadística con Dago*. Obtenido de  
[http://www.estadisticacondago.com/images/estadistica\\_inferencial/pruebas%20de%20normalidad.pdf](http://www.estadisticacondago.com/images/estadistica_inferencial/pruebas%20de%20normalidad.pdf)

Salguero Caicedo , V. V. (2013). *Adoquines modificados con fibra de polipropileno para el uso en vías de la ciudad de Quito*. Universidad Central Del Ecuador, QUITO.

Sánchez. (2015). T-Student. Usos y abusos. *Revista Mexicana de cardiología* , 59-61.

Tello Arellano, A. A. (2014). "*Utilización de los desechos de la madera en el diseño de accesorios del vestuario femenino*". Ambato - Ecuador.

Torre, A. (2004). *Curso basico de tecnología del concreto* . Lima : Universidad Nacional de Ingeniería .

Tovar, M. (2008). *Modos de transporte y su desarrollo* . Escuela Superior De Ingeniería y Arquitectura , México.

Triantafilo, G. (2015). *Propuesta de ahorro de energía eléctrica para la empresa ladrillera Ceramic Plus SRL*. Cochabamba.

UMACON . (16 de Febrero de 2017). *UMACON* . Obtenido de  
<http://www.umacon.com/noticia.php/es/diferencias-entre-cemento-concreto-hormigon-y-hormigon-armado/430>

Vera, J., & Zambrano, W. (2013). Usos de las cenizas activadas del carbón proveniente de los calderos industriales, como sustituto parcial del cemento, para fabricar morteros de cemento portland.

Vicéns, J., Herrarte, A., & Medina, E. (15 de Enero de 2005). *Análisis de la varianza (ANOVA)*.  
Obtenido de [https://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/eva/pdf/anova.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/anova.pdf)

Villegas Martínez, C. A. (2012). *Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo*. Lima - Perú.

VITUTOR . (6 de Febrero de 2019). *VITUTOR* . Obtenido de [https://www.vitutor.com/estadistica/descriptiva/a\\_17.html](https://www.vitutor.com/estadistica/descriptiva/a_17.html)

## ANEXOS

### ANEXO N°01: FICHA TÉCNICA DE CEMENTO MOCHICA TIPO MS

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA (*)	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	5	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.05	Máximo 0.80
Superficie Especifica	cm <sup>2</sup> /g	4530	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	3.7	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.94	NO ESPECIFICA

**Resistencia Compresión :**

Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	23.3 (237)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	31.6 (322)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	42.6 (435)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

**Tiempo de Fraguado Vicat :**

Fraguado Inicial	min	190	Mínimo 45
Fraguado Final	min	374	Máximo 420

Expansión Barra de Mortero a 14 días	%	0.007	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato a 6 meses	%	0.041	Máximo 0.10

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-05-2016 al 31-05-2016  
 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Abril 2016  
 La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de Noviembre 2015  
 La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de Abril 2016  
 (\*) Requisito opcional.



**Ing. Ivanoff Rojas**  
Superintendente de Control de Calidad

**ANEXO N°02: NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 399.604 MÉTODOS DE  
MUESTREO Y ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO**

<b>NORMA TÉCNICA</b>	<b>NTP 399.604</b>
<b>PERUANA</b>	<b>2002</b>

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y  
ensayo de unidades de albañilería de concreto**

**MASONRY UNITS. Standard test methods of sampling and testing concrete masonry units**

**2002-12-05**  
**1ª Edición**

R.0130-2002/INDECOPI-CRT.Publicada el 2002-12-15

Precio basado en 16 páginas

I.C.S.: 91.100.01

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Absorción, resistencia a la compresión, unidades de albañilería de concreto, densidad, espesor equivalente, espesor equivalente del tabique, cara lateral, contenido de agua, espesor del tabique, tabique



## ANEXO N°04: DISEÑO DE MEZCLA ACI 211

Para este proyecto de investigación se realizó el diseño de mezcla siguiendo los parámetros del ACI 211,

- Según la NTP 399.611 la resistencia para adoquines tipo II, la unidad de adoquin debe resistir  $f^c$  340 kgf/cm<sup>2</sup>, por el cual se escogio está resistencia para la elaboración del diseño de mezcla.
- Se calculó la resistencia a la compresión requerida mediante la siguiente (ver tabla 76)

**Tabla 76:** Resistencia a la compresión requerida

Resistencia a la compresión ( $f^c$ )	Resistencia a la compresión requerida ( $f^{cr}$ )
Menor a 210 kgf/cm <sup>2</sup>	$f^c + 70$
210 kgf/cm <sup>2</sup> – 350 kgf/cm <sup>2</sup>	$f^c + 84$
Mayor a 350 kgf/cm <sup>2</sup>	$f^c + 98$

**Fuente:** ACI 211, 2016

Obtuviendo el  $f^{cr}$  de la siguiente manera

$$f^{cr} = 340 + 84 = 424 \text{ kg/cm}^2$$

- Luego se seleccionó el asentamiento de acuerdo a los siguientes valores que nos brinda el ACI 211 (ver tabla 77)

**Tabla 77:** *Asentamiento según el tipo de estructuras*

Tipo de Estructura	Slump Máx.	Slump Mín.
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: ACI 211, 2016

Como este proyecto corresponde al tema de pavimentos se escogió el Slump Máximo de 3" y mínimo de 1"

- Según la granulometría realizado al agregado grueso se obtuvo el Tamaño Nominal Máximo (TNM) de 3/ 4"
- Después se seleccionó el contenido de agua de acuerdo a la siguiente tabla 78 y también se seleccionó el contenido de aire atrapado según la tabla 79.

**Tabla 78:** *Volumen de Agua por m<sup>3</sup>. Agua en litros/m<sup>3</sup> para TNM de agregados y consistencia*

Asentamiento (1" = 25mm)	Tamaño Máximo del Agregado Grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	168	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--

Fuente: ACI 211, 2016

Para este proyecto de investigación se utilizará concreto sin aire incorporado y asentamiento de 3 a 4" obtubiendo el volumen de agua de 205 litros/m<sup>3</sup>.

Luego se cálculo el contenido de aire atrapado mediante la siguiente tabla, obtuviendo el 2% de aire atrapado

**Tabla 79:** *Contenido de aire atrapado*

TNM Agregado Grueso		Aire Atrapado %
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

**Fuente:** ACI 211, 2016

- Luego se seleccionó la relación agua/cemento por resistencia a compresión, la resistencia requerida de 424 kg/cm<sup>2</sup> como no se encuentra en la tabla 80 se procede a interpolar los valores de 420 kg/cm<sup>2</sup> y 450 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 80:** *Relación agua/cemento por resistencia para  $f'_{cr}$*

$f'_{c}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
420	0.41	-
450	0.38	-

Fuente: ACI 211, 2016

420 \_\_\_\_\_ 0.41

424 \_\_\_\_\_ x

450 \_\_\_\_\_ 0.38

a/c: 0.406

Posteriormente se cálculo el contenido de cemento en kilogramos (kg), mediante la siguiente formula.

$$\frac{\text{Cantidad de agua (Litros)}}{\text{Cantidad de cemento (Kg)}} = \text{Relación agua cemento obtenida}$$

$$\frac{205}{0.406} = \text{Cantidad de cemento}$$

$$505 \text{ gr} = \text{Cantidad de cemento}$$

- Se obtuvo el peso del agregado grueso mediante la tabla 81 que proporciona el valor de  $b/b_0$  donde  $b_0$  y  $b$  son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso.
- Según el módulo de finura obtenido en la granulometría del agregado fino y el Tamaño Máximo Nominal se procedió a obtener el volumen en  $m^3$  de agregado grueso como el módulo de finura del agregado fino, como no se encuentra en la tabla se interpola.

**Tabla 81:** *Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto ( $b/b_0$ )*

TNM Agregado Grueso		Módulo de finura del Agregado Fino			
		2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19.0 mm	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211, 2016

2.60 \_\_\_\_\_ 0.64

2.70 \_\_\_\_\_ x

2.80 \_\_\_\_\_ 0.62

b/ $b_0$ : 0.63

- Cálculo del volumen absoluto del agregado Grueso

$$\text{Peso seco AG} = \text{PUSC (AG)} \times \text{Factor AG}$$

$$\text{Vol abs AG} = 0.63 \times 1600.00$$

$$\text{Vol abs AG} = 0.3862 \text{ m}^3$$

- Cálculo del volumen absoluto del agregado fino:

$$\text{Vol AF} = 0.6635 - 0.3862 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol AF} = 0.2773 \text{ m}^3$$

- Cálculo del peso del agregado fino:

$$\text{Peso seco F} = \text{Pem} \times \text{Volumen AF}$$

$$\text{Peso seco AF} = 2710 \times 0.2773$$

$$\text{Peso seco AF} = 752 \text{ kg/m}^3$$

- Corrección por absorción de los agregados:
- Agregado fino:

$$\text{Agregado fino} = 752 \times \left(1 + \frac{0.60}{100}\right)$$

$$\text{Agregado fino} = 756 \text{ kg/m}^3$$

- Agregado Grueso:

$$\text{Agregado grueso} = 1008 \times \left(1 + \frac{1.87}{100}\right)$$

$$\text{Agregado grueso} = 1027 \text{ kg/m}^3$$

- Corrección por humedad de los agregados:
- Agregado fino

$$\text{Aporte de agua} = 752 \times \left(1 + \frac{(0.74 - 0.60)}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de agua} = 1.05 \text{ litros}$$

$$\text{Agregado fino} = 752 \times \left(\frac{1 + 0.74}{100}\right)$$

$$\text{Agregado fino} = 757 \text{ kg/m}^3$$

• Agregado Grueso:

$$\text{Aporte de agua} = 1008 \times \left(1 + \frac{(0.49 - 1.87)}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de agua} = -13.91 \text{ litros}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1008 \times \left(\frac{1 + 0.49}{100}\right)$$

$$\text{Agregado grueso} = 1013 \text{ kg/m}^3$$

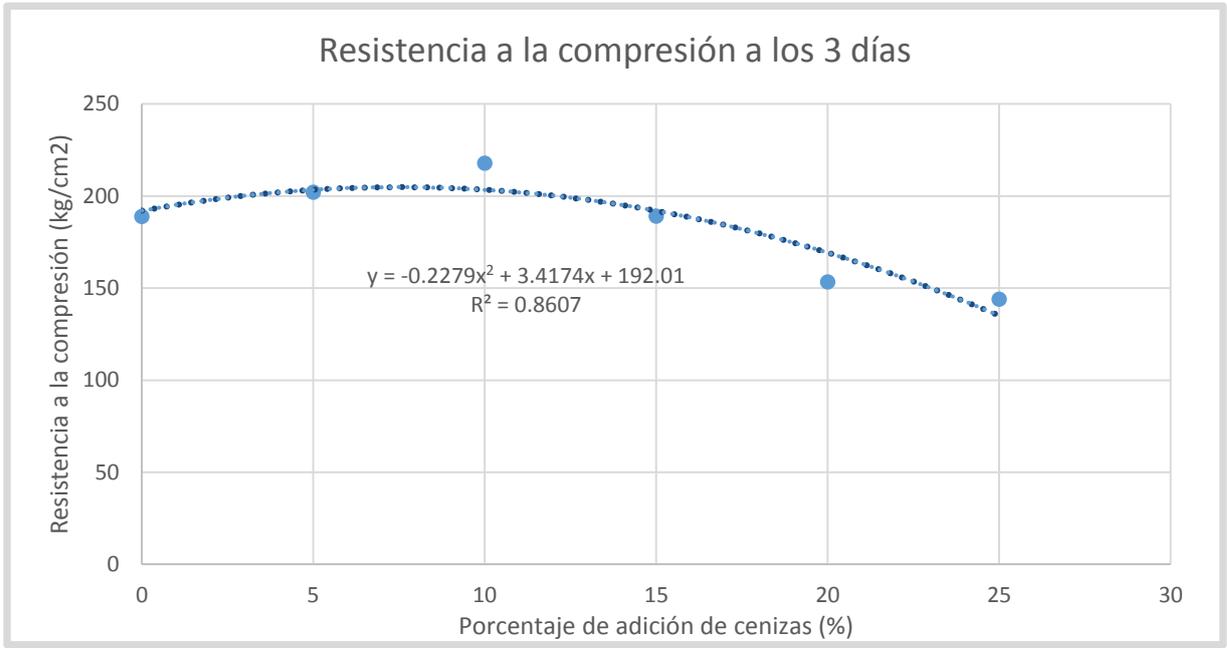
**Tabla 82:** *Cantidades de materiales*

Materiales	Peso seco (kg/m <sup>3</sup> )	Peso sss (kg/m <sup>3</sup> )	Peso húmedo(kg/m <sup>3</sup> )
Cemento MS	505	505	505
Agua	205	205	218
Arena	752	756	757
Piedra	1008	1027	1013
Aire	0.020	0.020	0.020
Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	2470	2493	2493

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

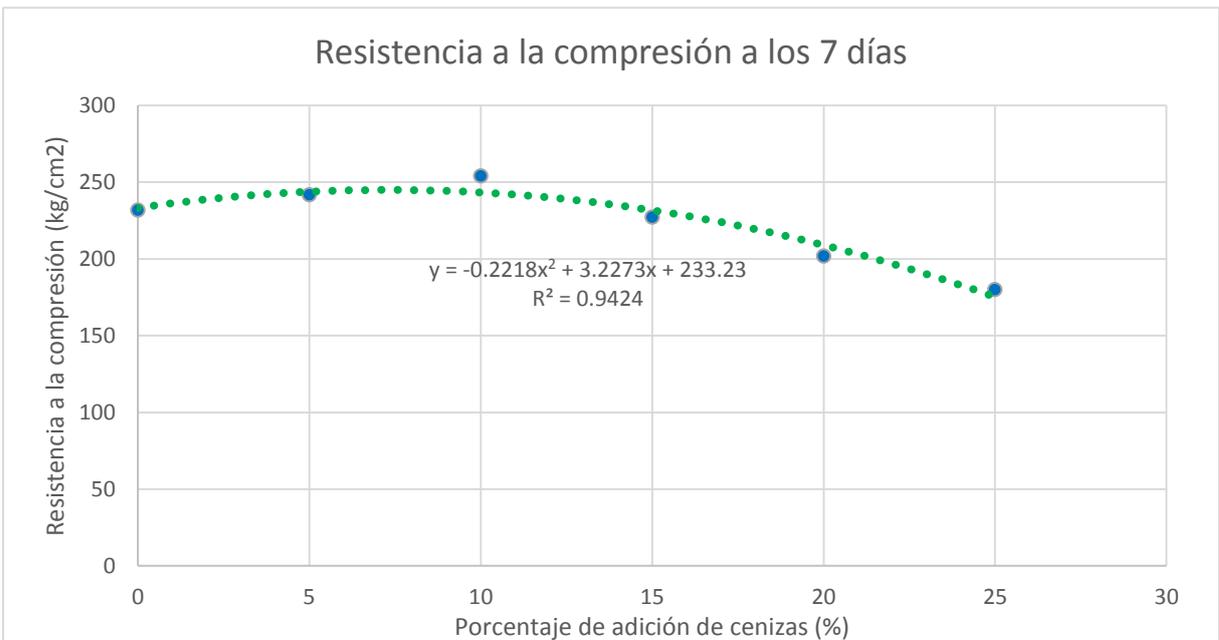
## ANEXO N°05: RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

**Figura 12:** Curva de influencia a los 3 días de curado



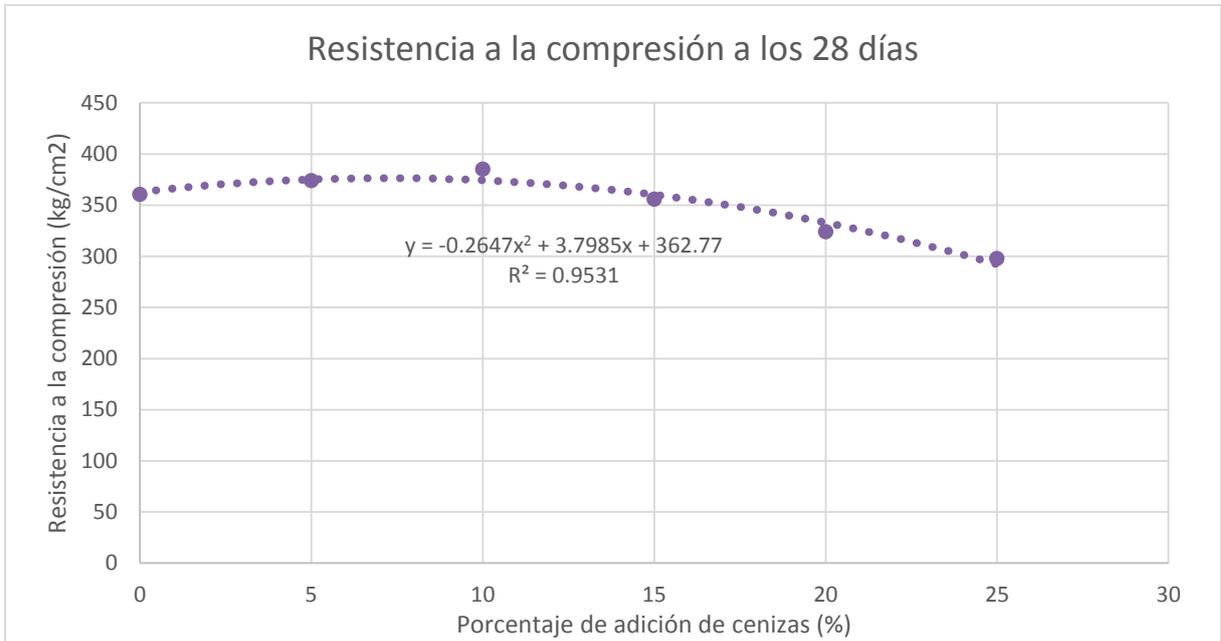
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 13:** Curva de influencia a los 7 días de curado



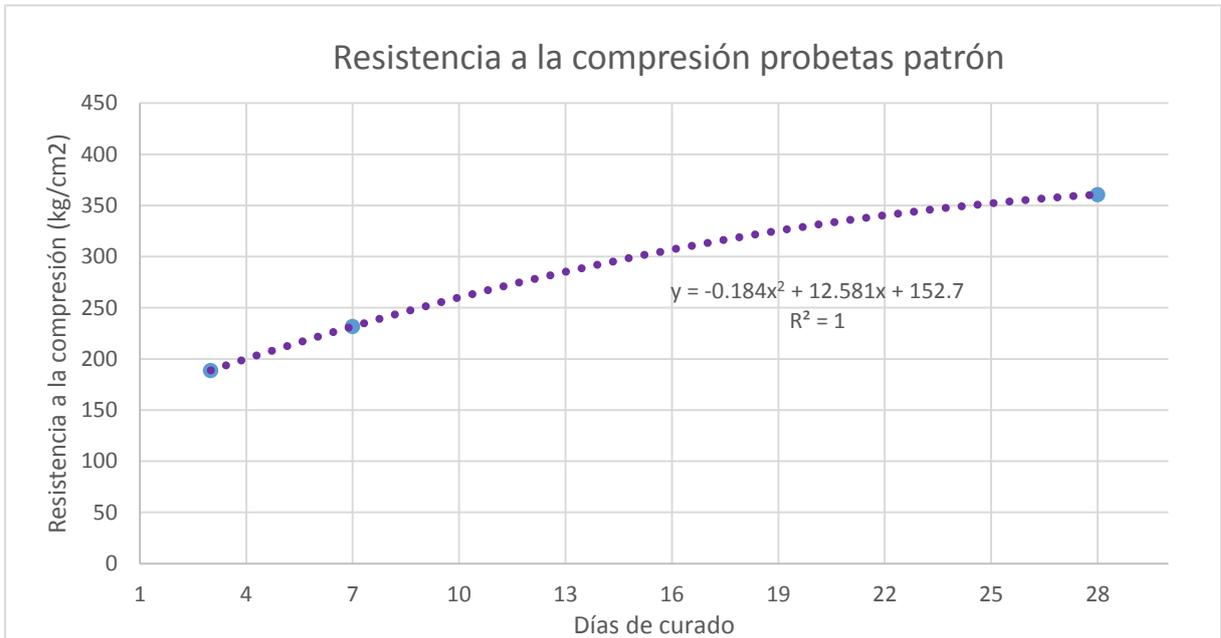
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 14:** Curva de influencia a los 28 días de curado



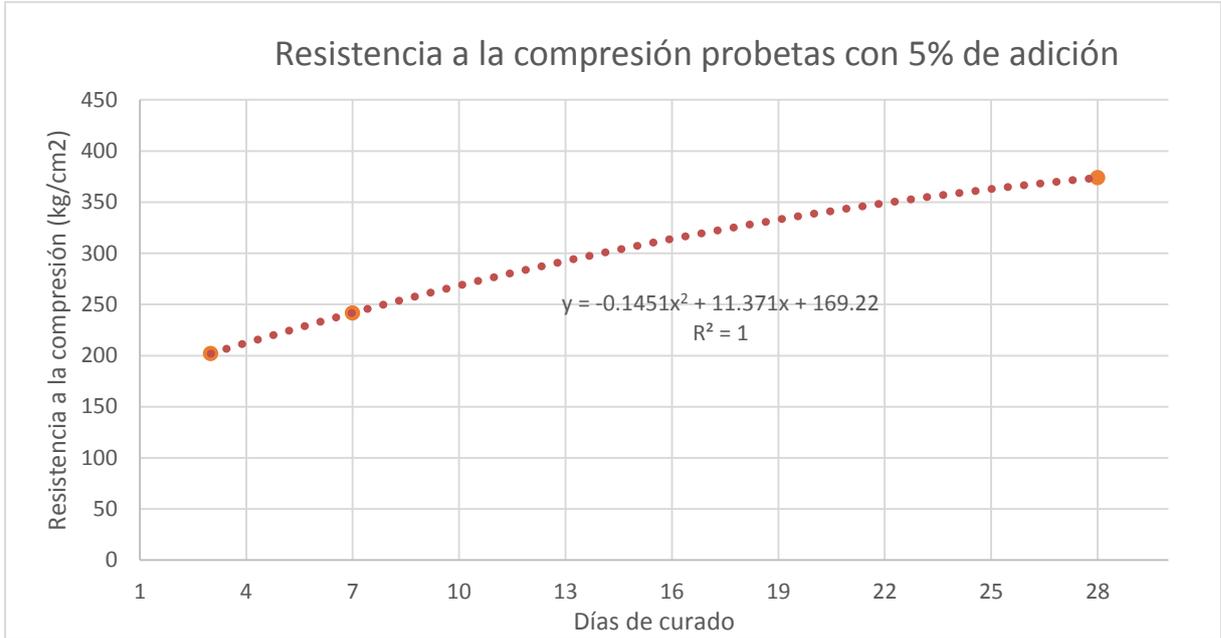
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 15:** Curva de influencia de las probetas patrón según el tiempo de curado



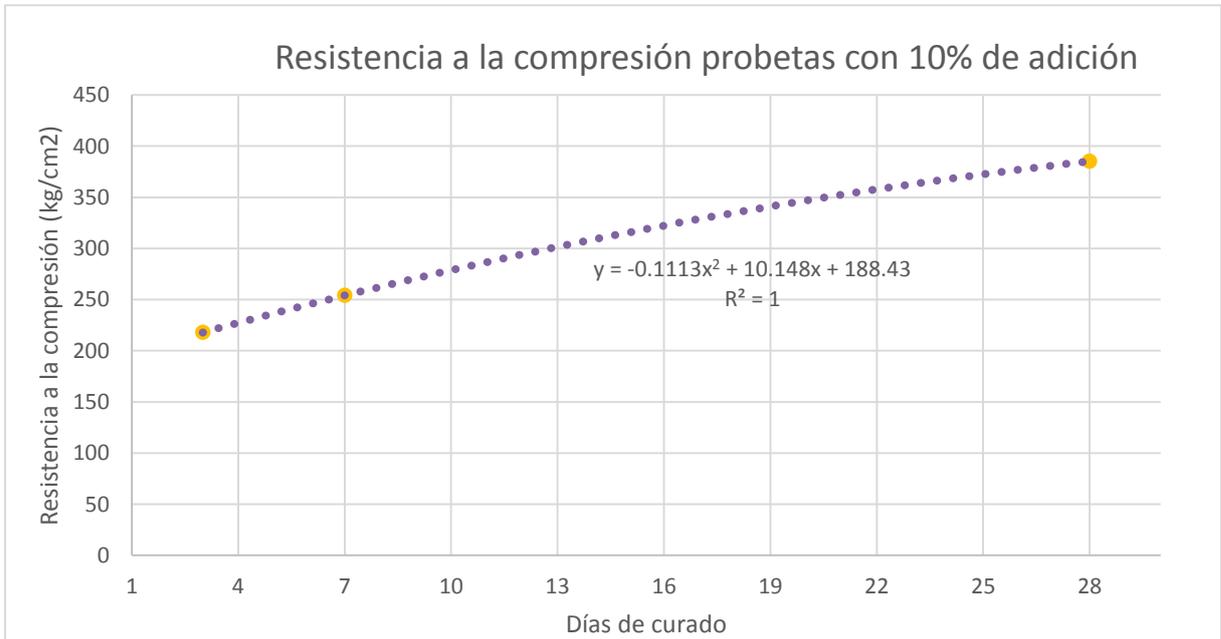
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 16:** Curva de influencia de las probetas con 5% de cenizas según el tiempo de curado



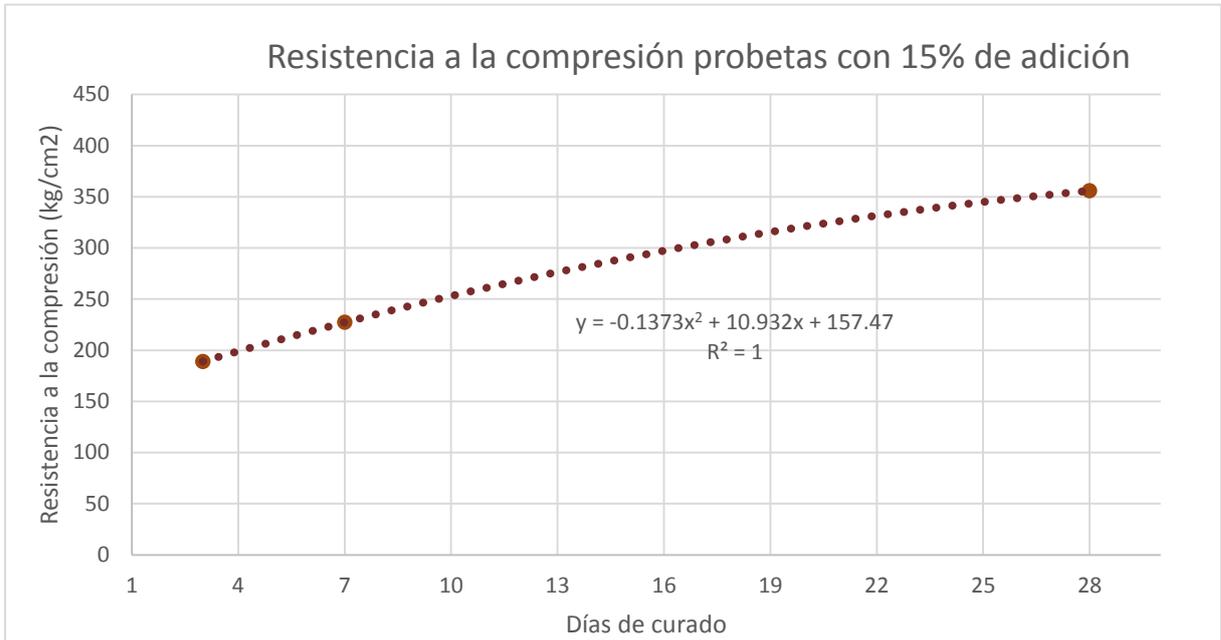
Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura 17:** Curva de influencia de las probetas con 10% de cenizas según el tiempo de curado



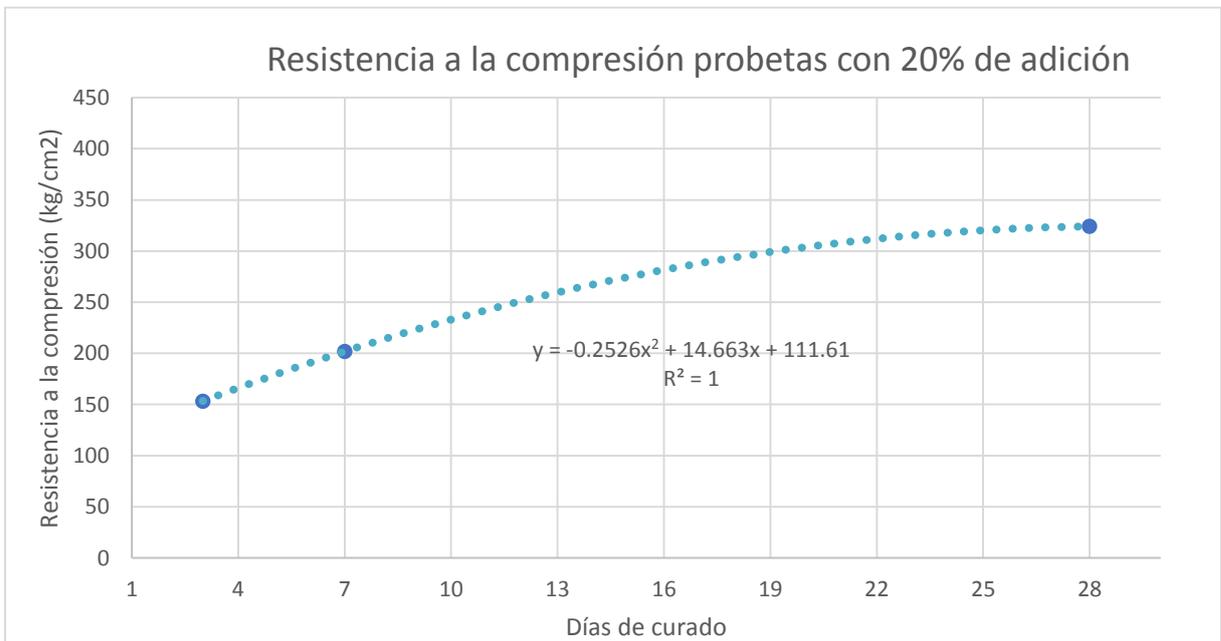
Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura 18:** Curva de influencia de las probetas con 15% de cenizas según el tiempo de curado



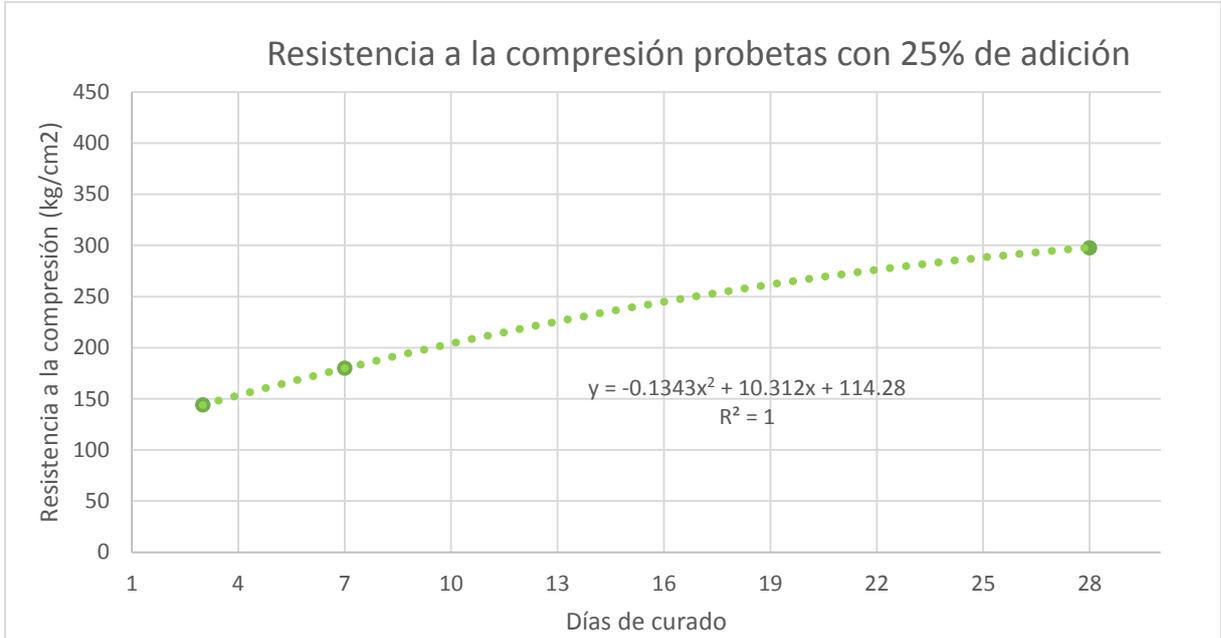
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 19:** Curva de influencia de las probetas con 20% de cenizas según el tiempo de curado



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

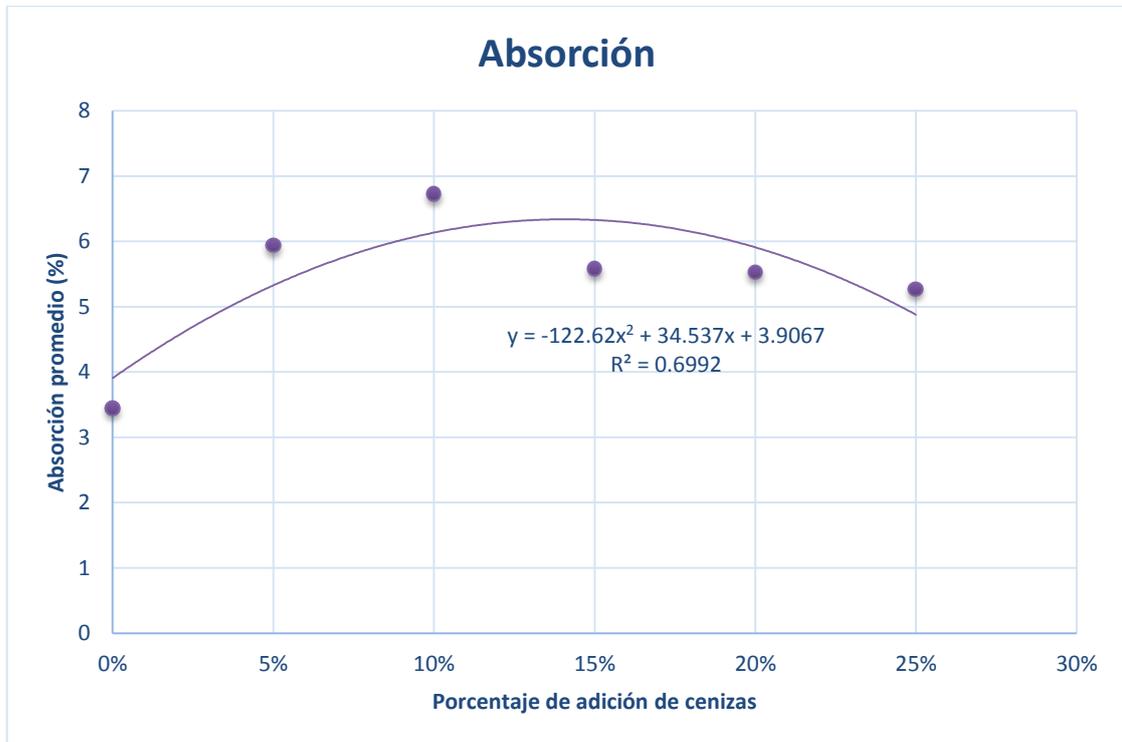
**Figura 20:** Curva de influencia de las probetas con 25% de cenizas según el tiempo de curado



Fuente: Elaboración propia, 2019

**ANEXO N°06: RESULTADOS DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN**

**Figura 21:** Curva de influencia de absorción



Fuente: Elaboración propia, 2019

## ANEXO N°07: PRENSA HIDRÁULICA



### F-25EX Máquina de Compresión Forney



Cumple con las siguientes normas  
**ASTM C39 C140 C1314 E4**  
**AASHTO T22**  
**BS 1610 BS 1881**

El rango de medición en la Máquina de compresión F-25EX es de 2,500 a 250,000 lbf (1,133 a 113,398 kgf). Es ideal para ensayar cilindros, cubos, medio block y vigas.

La Línea EX se caracteriza por marcos de carga básicos, rígidos que han probado su buen diseño.

el marco de carga original de Forney ha mostrado ser confiable ya que ha servido a la industria por mas de 55 años. Las máquinas de la Línea EX se despachan listas para hacer pruebas en cilindros de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm). Esta línea es de tipo económico, pero no pierde en funcionalidad, precisión y confiabilidad.

#### Características estándar:

- ✓ Puertas de laxan con bisagras y cerraduras confiables
- ✓ Platina superior de 6 pulgadas (150 mm) de diámetro
- ✓ Incluye el dispositivo de sujeción original Forney para intercambiar accesorios fácil y rápido
- ✓ Garantía de 24 meses contra defectos de materiales o mano de obra <https://es.scribd.com/document/341067643/Ficha-Tecnica-Prensa-Forney><https://es.scribd.com/document/341067643/Ficha-Tecnica-Prensa-Forney>
- ✓ Válvula de seguridad de alta presión
- ✓ Precisión +/- 0.5% de la carga indicada

#### Versatilidad:

- Gran variedad de accesorios para pruebas en cilindros de 2 - 12 pulgadas, cubos, vigas, tabique y block.
- ✓ Dispositivos de paro automática limitan la carrera del pistón (opcional)
- ✓ Extensión de garantía (opcional)
- ✓ Especificaciones eléctricas a su elección 110/220 VAC @ 50/60 Hz
- ✓ Unidades digitales y manómetros análogos.
- ✓ Bomba de ¼ hp

#### Base metálica

Los accesorios para probar varios especímenes deben ordenarse por separado. Contacte al departamento de Ventas de Forney 800 376 6397 para obtener más información.

**La Máquina de Pruebas de Compresión aquí descrita es solo un tipo de configuración entre 157 posibilidades. Agradeceremos utilice la guía de selección a fin de explorar sobre el rango total de productos (máquinas, unidades digitales, opciones y accesorios), así como contactar al departamento de ventas de Forney solicitando consulta.**

### ANEXO N°08: ANÁLISIS DE PRECIOS

Para elaboración de adoquines Patrón

PRODUCCIÓN PARA UN METRO CUBICO DE CONCRETO EQUIVALENTE A 625 ADOQUINES DE TIPO II (20 X 10 X 8 cm)					
<b>PARTIDA</b> CONCRETO f'c = 340 kg/cm2		<b>RENDIMIENTO :</b>		<b>20 M3/DIA</b>	
<b>UNIDAD</b>	<b>M3</b>	<b>PRECIO TOTAL:</b>			<b>S/. 661.04</b>
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CUADRILLA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>PARCIAL</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>S/. 250.64</b>
OPERARIO	hh	2.00	0.80	67.20	53.76
OFICIAL	hh	2.00	0.80	53.70	42.96
PEON	hh	8.00	3.20	48.10	153.92
<b>MATERIALES</b>					<b>S/. 372.88</b>
AGREGADO FINO	m3		0.7571	40.00	30.28
AGREGADO GRUESO	m3		1.0129	50.00	50.65
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bol		11.8806	24.46	290.60
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.2179	6.20	1.35
CENIZAS DE LADRILLOS ARTESANALES 0%	kg			0.10	0.00
<b>EQUIPOS</b>					<b>S/. 37.52</b>
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		7.52

Para elaboración de adoquines con 5% de cenizas de ladrillos artesanales

PRODUCCIÓN PARA UN METRO CUBICO DE CONCRETO EQUIVALENTE A 625 ADOQUINES DE TIPO II (20 X 10 X 8 cm)					
PARTIDA CONCRETO f'c = 340 kg/cm <sup>2</sup> + 5% DE CENIZAS			RENDIMIENTO	20 M3/DIA	
UNIDAD	M3	PRECIO TOTAL:			S/. 649.03
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>S/. 250.64</b>
OPERARIO	hh	2.00	0.80	67.20	53.76
OFICIAL	hh	2.00	0.80	53.70	42.96
PEON	hh	8.00	3.20	48.10	153.92
<b>MATERIALES</b>					<b>S/. 360.87</b>
AGREGADO FINO	m3		0.7571	40.00	30.28
AGREGADO GRUESO	m3		1.0129	50.00	50.65
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bol		11.2866	24.46	276.07
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.2179	6.20	1.35
CENIZAS DE LADRILLOS ARTESANALES 5%	kg		25.2463	0.10	2.52
<b>EQUIPOS</b>					<b>S/. 37.52</b>
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		7.52

Para elaboración de adoquines con 10% de cenizas de ladrillos artesanales

PRODUCCIÓN PARA UN METRO CUBICO DE CONCRETO EQUIVALENTE A 625 ADOQUINES DE TIPO II (20 X 10 X 8 cm)					
PARTIDA		RENDIMIENTO :			20 M3/DIA
CONCRETO f'c = 340 kg/cm <sup>2</sup> +10% DE CENIZAS					
UNIDAD	M3	PRECIO TOTAL:			S/. 637.03
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>S/. 250.64</b>
OPERARIO	hh	2.00	0.80	67.20	53.76
OFICIAL	hh	2.00	0.80	53.70	42.96
PEON	hh	8.00	3.20	48.10	153.92
<b>MATERIALES</b>					<b>S/. 348.87</b>
AGREGADO FINO	m3		0.7571	40.00	30.28
AGREGADO GRUESO	m3		1.0129	50.00	50.65
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bol		10.6926	24.46	261.54
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.2179	6.20	1.35
CENIZAS DE LADRILLOS ARTESANALES 10%	kg		50.4926	0.10	5.05
<b>EQUIPOS</b>					<b>S/. 37.52</b>
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		7.52

## ANEXO N°09: PANEL FOTOGRÁFICO

**Figura 22:** *Cantera El Milagro*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 24:** *Granulometría del agregado fino y grueso*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 23:** *Peso unitario compactado del agregado*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 25:** *Peso unitario del agregado fino compactado*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 26:** *Absorción del agregado grueso*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 27:** *Absorción agregado fino*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 28:** *Ladrillera flores*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 29:** *Cenizas de ladrillos artesanales expuestas a la contaminación del medio ambiente*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 31:** Mezcla del concreto



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 30:** Curado de adoquines



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 32:** *Medición de los adoquines*



**Fuente:** Elaboración propia, 2019

**Figura 33:** *Ensayo de resistencia a la compresión*



Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura 34:** *Falla del adoquin a la resistencia a la compresión, vista en planta*



Fuente: Elaboración propia, 2019

**Figura 35:** *Secado de adoquines para el ensayo de absorción*



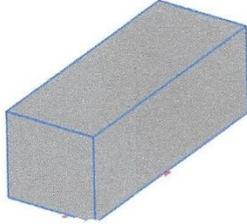
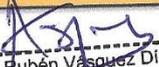
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

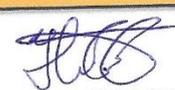
**Figura 36:** *Adoquines puestos al horno para calcular la absorción*

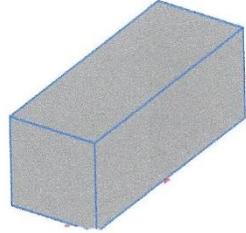
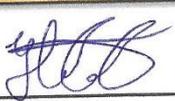


**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## ANEXO N°10: FICHAS DE OBSERVACIÓN

GUIA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS PATRÓN  UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE							
<b>1. Datos informativos</b>							
1.1 Nombre del investigador:				Cruz García Hilder			
1.2 Ubicación del estudio:				Calle 31s/n Urb. San isidro 2da Etapa, Trujillo, La Libertad			
1.3 Fecha de la Observación:				jueves, 14 de febrero de 2019			
1.4 Hora de Observación:				2:30 P.M-5:40 P.M			
<b>2. Datos Específicos:</b>							
PROBETA N°	DÍAS	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (KG)	MUESTRA DE ESTUDIO
P-1	3	20.00	10.00	8.20	200.00	36,716	
P-2	3	20.00	10.00	8.15	200.00	37,710	
P-3	3	20.00	10.00	8.10	200.00	38,845	
P-4	7	20.00	10.00	8.05	200.00	46,404	
P-5	7	20.00	10.00	8.00	200.00	47,612	
P-6	7	20.00	10.00	8.02	200.00	45,033	
P-7	28	20.00	10.00	8.15	200.00	72,288	
P-8	28	20.00	10.00	8.10	200.00	70,838	
P-9	28	20.00	10.00	8.00	200.00	73,286	
TESISTA			ASESOR			LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO	
 BACH. HILDER CRUZ GARCIA			 Alberto Rubén Vásquez Díaz ING. CIVIL R. CIP. N° 186228 ING. ALBERTO RUBÉN VÁSQUEZ DÍAZ			 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil GREGORIO A. GANOZA AGUILAR	

<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>							<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>
<b>GUIA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CON 5% DE ADICIÓN DE CENIZAS</b>							
<b>1. Datos informativos</b>							
1.1 Nombre del investigador:				Cruz García Hilder			
1.2 Ubicación del estudio:				Calle 31s/n Urb. San isidro 2da Etapa, Trujillo, La Libertad			
1.3 Fecha de la Observación:				viernes, 15 de febrero de 2019			
1.4 Hora de Observación:				2:30 P.M-5:40 P.M			
<b>2. Datos Específicos:</b>							
PROBETA N°	DÍAS	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (KG)	MUESTRA DE ESTUDIO
A-1	3	20.00	10.00	8.20	200.00	38,459	
A-2	3	20.00	10.00	8.15	200.00	40,548	
A-3	3	20.00	10.00	8.10	200.00	42,211	
A-4	7	20.00	10.00	8.20	200.00	49,078	
A-5	7	20.00	10.00	8.15	200.00	48,588	
A-6	7	20.00	10.00	8.20	200.00	47,359	
A-7	28	20.00	10.00	8.10	200.00	75,556	
A-8	28	20.00	10.00	8.00	200.00	74,856	
A-9	28	20.00	10.00	8.10	200.00	73,889	
TESISTA			ASESOR			LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO	
							
BACH. HILDER CRUZ GARCIA			ING. ALBERTO RUBÉN VÁSQUEZ DÍAZ ING. CIVIL CIP N° 166228			Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil GREGORIO A. GANOZA AGUILAR	

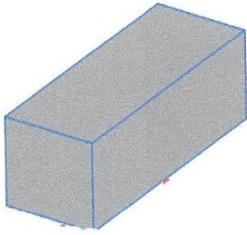
GUIA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CON 10% DE ADICIÓN DE CENIZAS							 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
<b>1. Datos informativos</b>							
1.1 Nombre del investigador:				Cruz García Hilder			
1.2 Ubicación del estudio:				Calle 31s/n Urb. San isidro 2da Etapa, Trujillo, La Libertad			
1.3 Fecha de la Observación:				sábado, 16 de febrero de 2019			
1.4 Hora de Observación:				2:30 P.M-5:40 P.M			
<b>2. Datos Específicos:</b>							
PROBETA N°	DÍAS	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (KG)	MUESTRA DE ESTUDIO
B-1	3	20.00	10.00	8.20	200.00	42,505	
B-2	3	20.00	10.00	8.15	200.00	44,254	
B-3	3	20.00	10.00	8.10	200.00	43,966	
B-4	7	20.00	10.00	8.00	200.00	49,930	
B-5	7	20.00	10.00	8.10	200.00	50,898	
B-6	7	20.00	10.00	8.20	200.00	51,580	
B-7	28	20.00	10.00	8.15	200.00	77,450	
B-8	28	20.00	10.00	8.10	200.00	76,658	
B-9	28	20.00	10.00	8.05	200.00	77,066	
TESISTA			ASESOR			LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO	
 BACH. HILDER CRUZ GARCIA			 ING. ALBERTO RUBÉN VÁSQUEZ DÍAZ R. CIP. N° 166228			 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil GREGORIO A. GANOZA AGUILAR	

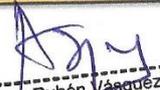
**GUIA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CON 15% DE ADICIÓN DE CENIZAS**

**1. Datos informativos**

1.1 Nombre del investigador:	Cruz García Hilder
1.2 Ubicación del estudio:	Calle 31s/n Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo, La Libertad
1.3 Fecha de la Observación:	lunes, 18 de febrero de 2019
1.4 Hora de Observación:	2:30 P.M-5:40 P.M

**2. Datos Específicos:**

PROBETA N°	DÍAS	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM2)	CARGA APLICADA (KG)	MUESTRA DE ESTUDIO
C-1	3	20.00	10.00	8.15	200.00	36,629	
C-2	3	20.00	10.00	8.10	200.00	38,837	
C-3	3	20.00	10.00	8.15	200.00	37,951	
C-4	7	20.00	10.00	8.15	200.00	45,364	
C-5	7	20.00	10.00	8.20	200.00	44,740	
C-6	7	20.00	10.00	8.10	200.00	46,253	
C-7	28	20.00	10.00	8.15	200.00	71,548	
C-8	28	20.00	10.00	8.05	200.00	70,896	
C-9	28	20.00	10.00	8.00	200.00	71,091	

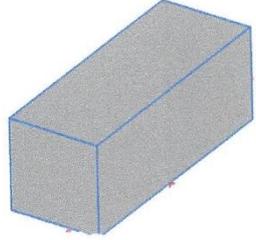
TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 BACH. HILDER CRUZ GARCIA	 ING. ALBERTO RUBÉN VIQUEZ DÍAZ ING. CIVIL R. O. N.º 66228	 Asistente de Laboratorio Gregorio A. GANOZA AGUILAR

**GUIA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CON 20% DE ADICIÓN DE CENIZAS**

**1. Datos informativos**

1.1 Nombre del investigador:	Cruz García Hilder
1.2 Ubicación del estudio:	Calle 31s/n Urb. San isidro 2da Etapa, Trujillo, La Libertad
1.3 Fecha de la Observación:	martes, 19 de febrero de 2019
1.4 Hora de Observación:	2:30 P.M-5:40 P.M

**2. Datos Específicos:**

PROBETA N°	DÍAS	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (KG)	MUESTRA DE ESTUDIO
D-1	3	20.00	10.00	8.00	200.00	32,002	
D-2	3	20.00	10.00	8.20	200.00	29,524	
D-3	3	20.00	10.00	8.15	200.00	30,471	
D-4	7	20.00	10.00	8.15	200.00	39,795	
D-5	7	20.00	10.00	8.10	200.00	40,315	
D-6	7	20.00	10.00	8.20	200.00	41,015	
D-7	28	20.00	10.00	8.20	200.00	64,854	
D-8	28	20.00	10.00	8.00	200.00	65,194	
D-9	28	20.00	10.00	8.10	200.00	64,427	

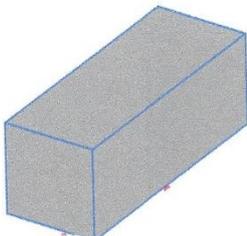
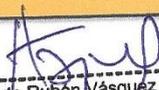
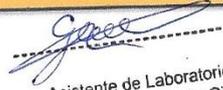
TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 BACH. HILDER CRUZ GARCIA	 ING. ALBERTO RUBÉN VÁSQUEZ DÍAZ ING. CIVIL CIP. N° 166228	 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil GREGORIO A. GANOZA AGUILAR

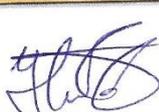
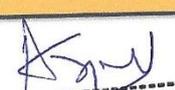
GUIA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CON 25% DE ADICIÓN DE CENIZAS

1. Datos Informativos

1.1 Nombre del investigador:	Cruz García Hilder
1.2 Ubicación del estudio:	Calle 31s/n Urb. San isidro 2da Etapa, Trujillo, La Libertad
1.3 Fecha de la Observación:	miércoles, 20 de febrero de 2019
1.4 Hora de Observación:	2:30 P.M-5:40 P.M

2. Datos Específicos:

PROBETA N°	DÍAS	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	ALTURA (CM)	ÁREA (CM <sup>2</sup> )	CARGA APLICADA (KG)	MUESTRA DE ESTUDIO
E-1	3	20.00	10.00	8.20	200.00	28,595	
E-2	3	20.00	10.00	8.15	200.00	27,100	
E-3	3	20.00	10.00	8.10	200.00	30,711	
E-4	7	20.00	10.00	8.10	200.00	37,425	
E-5	7	20.00	10.00	8.15	200.00	34,714	
E-6	7	20.00	10.00	8.20	200.00	35,793	
E-7	28	20.00	10.00	8.05	200.00	60,185	
E-8	28	20.00	10.00	8.00	200.00	59,821	
E-9	28	20.00	10.00	8.20	200.00	58,637	
TESISTA		ASESOR			LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO		
 BACH. HILDER CRUZ GARCIA		 Alberto Rubén Vásquez Díaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166228 ING. ALBERTO RUBÉN VÁSQUEZ DÍAZ			 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil GREGORIO A. GANOZA AGUILAR		

GUIA DE OBSERVACIÓN DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN DE ADOQUINES						
<b>1. Datos informativos</b>						
1.1 Nombre del investigador:		Cruz García Hilder				
1.2 Ubicación del estudio:		Calle 31s/n Urb. San isidro 2da Etapa, Trujillo, La Libertad				
1.3 Fecha de la Observación:		miércoles, 20 de febrero de 2019				
1.4 Hora de Observación:		2:30 P.M-5:40 P.M				
<b>2. Datos Específicos:</b>						
porcentaje de adición de cenizas	Descripción	N° Probeta	Peso seco (gr)	peso saturado (gr)	absorción (%)	absorción promedio (%)
0%	PATRÓN	1	3762	3945	4.86	3.44
		2	3860	3985	3.24	
		3	3752	3835	2.21	
5%	CENIZAS	1	3835	4010	4.56	5.94
		2	3745	3995	6.68	
		3	3805	4055	6.57	
10%	CENIZAS	1	3725	3980	6.85	6.73
		2	3755	3955	5.33	
		3	3685	3980	8.01	
15%	CENIZAS	1	3880	4090	5.41	5.58
		2	3795	3950	4.08	
		3	3725	3995	7.25	
20%	CENIZAS	1	3810	4035	5.91	5.53
		2	3725	3930	5.50	
		3	3855	4055	5.19	
25%	CENIZAS	1	3795	3980	4.87	5.27
		2	3740	3960	5.88	
		3	3765	3955	5.05	
TESISTA		ASESOR		LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO		
		 Alberto Rubén Vásquez Díaz ING. CIVIL R. GIP. N° 466228		 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil		
BACH. HILDER CRUZ GARCIA		ING. ALBERTO RUBÉN VÁSQUEZ DÍAZ		GREGORIO GANOZA AGUILAR		

## ANEXO N°11: CERTIFICADO DE ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO



### CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Gregorio Alejandro Ganoza Aguilar, hace constar por medio de la presente que el Sr. Hilder Cruz García, identificado con D.N.I N° 70875311, ha realizado los ensayos de granulometría, contenido de humedad, peso unitario, peso específico, absorción, resistencia a la compresión de adoquines de concreto en las instalaciones del **Laboratorio de Concreto** de esta universidad, requeridos para la tesis "**Influencia de las cenizas de ladrillos artesanales en la resistencia a la Compresión de Adoquines de Concreto, Trujillo 2019.**"; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 26 de febrero del 2019



---

Gregorio A. Ganoza Aguilar  
Asistente de Laboratorio