

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA**

(Creado por ley N° 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**HUANCAVELICA**



**TESIS**

**“INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO  
COMO MATERIAL DE ACABADO”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

CONSTRUCCIONES Y TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES

**PRESENTADO POR:**

Bach. QUISPE MENDOZA, Angel

Bach. REYES RAMIREZ, Leyter Antony

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO CIVIL

**HUANCAVELICA, PERÚ**

**2021**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los veintidós días (22) del mes de enero del año 2021, siendo las dieciséis horas (16:00), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: **M.Sc. Iván Arturo AYALA BIZARRO (PRESIDENTE)**, **M.Sc. Marco Antonio LÓPEZ BARRANTES (SECRETARIO)**, **Mg. Jorge Luis ORTEGA VARGAS (VOCAL)**, designados con Resolución de Decano N° 243-2019-FCI-UNH, de fecha 02 de diciembre del 2019, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO", presentado por los Bachilleres **Angel QUISPE MENDOZA y Leyter Antony REYES RAMIREZ**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**. Finalizada la sustentación virtual a horas.....17:00 pm, se comunicó a los sustentantes y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

**Angel QUISPE MENDOZA**

APROBADO  POR ...UNANIMIDAD....

DESAPROBADO

**Leyter Antony REYES RAMIREZ**

APROBADO  POR ...UNANIMIDAD....

DESAPROBADO

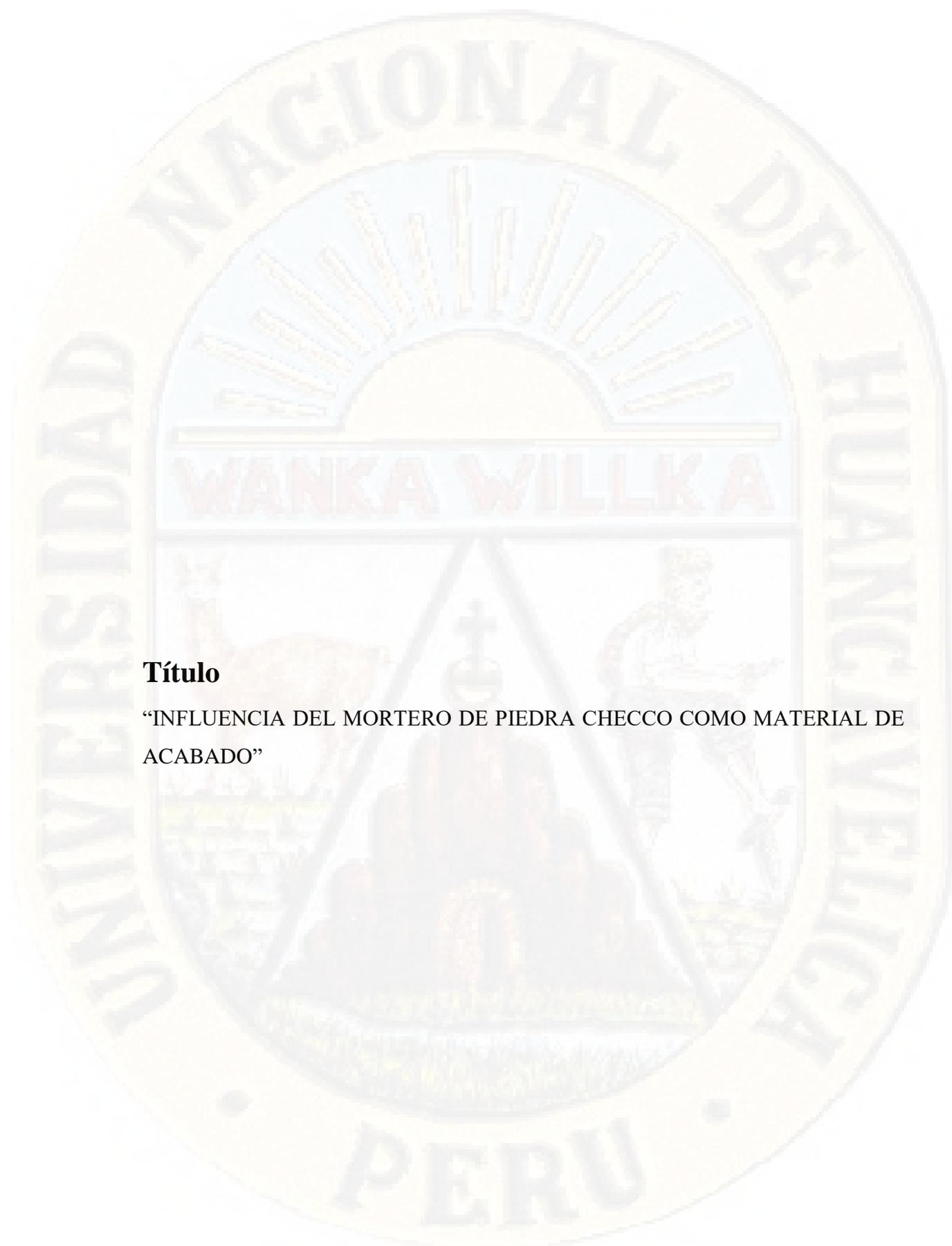
En señal de conformidad, firmamos a continuación:

\_\_\_\_\_  
Presidente

\_\_\_\_\_  
Secretario

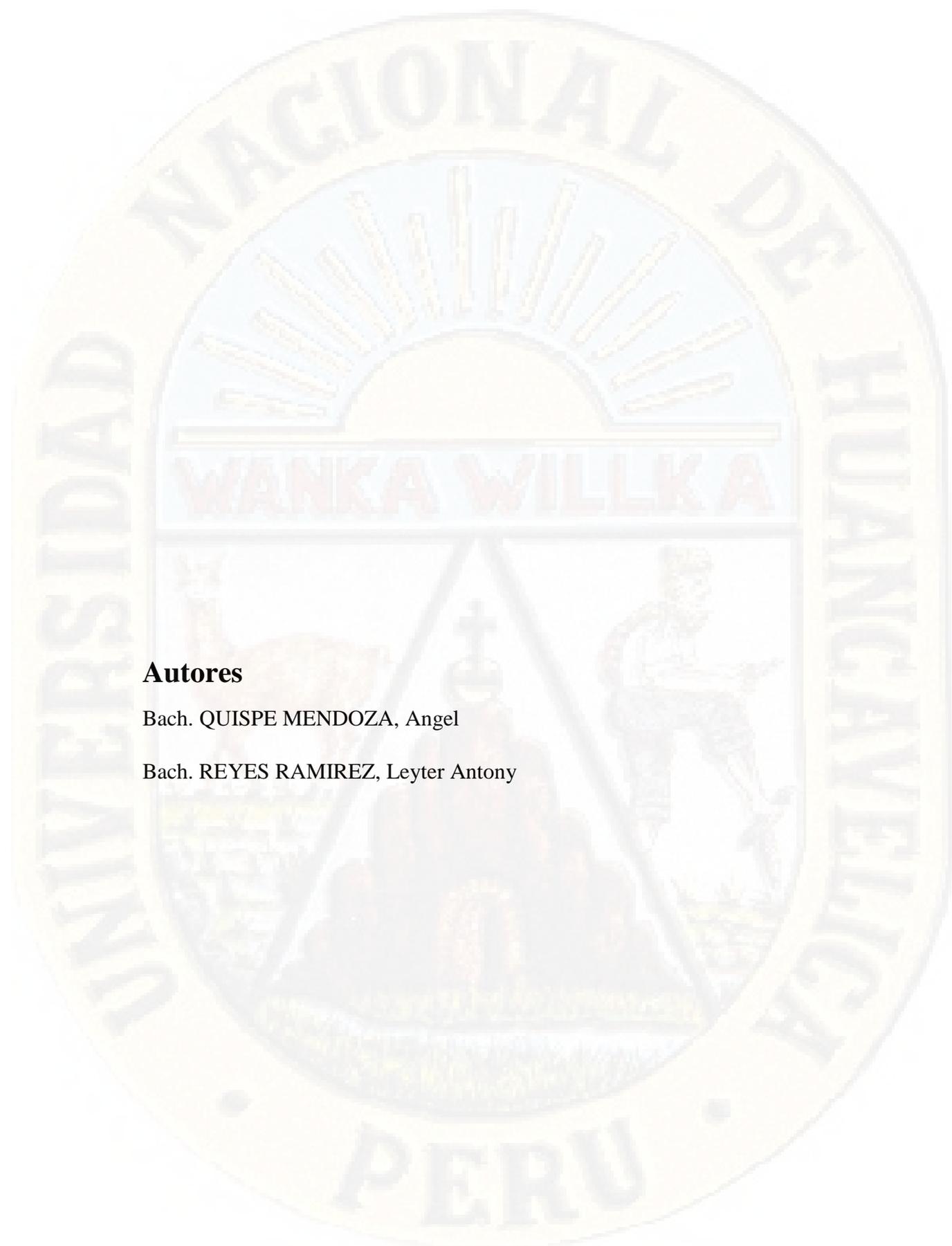
\_\_\_\_\_  
Vocal

\_\_\_\_\_  
Vº Bº Decano



**Título**

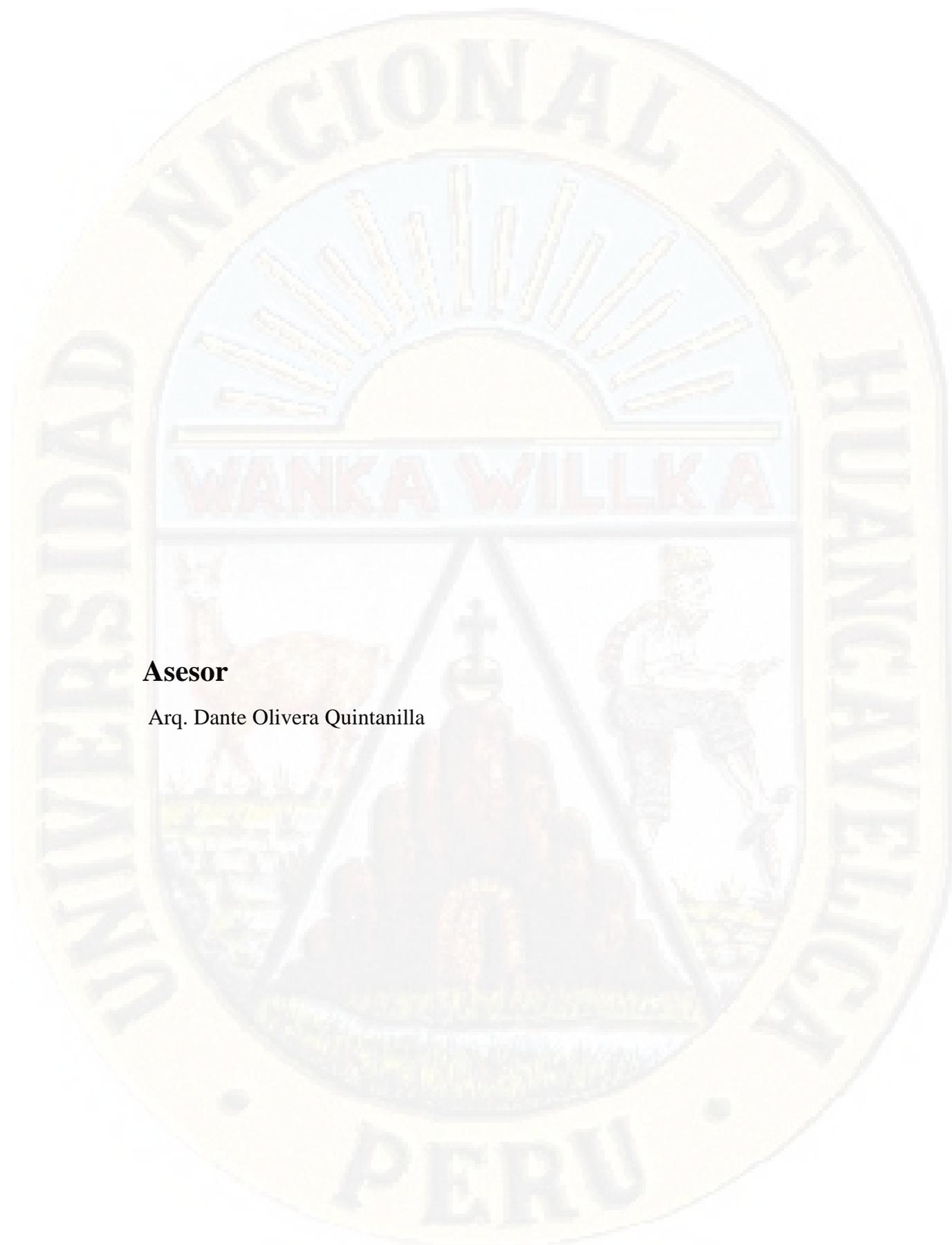
“INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO”



### **Autores**

Bach. QUISPE MENDOZA, Angel

Bach. REYES RAMIREZ, Leyter Antony



**Asesor**

Arq. Dante Olivera Quintanilla

## **Dedicatoria**

A Dios, por iluminar mi camino y preparar grandes cosas para mí en el mundo de la ingeniería; para así aportar al progreso de mi país.

A mi madre quien fue la fuerza y el motivo para perseverar en esta maravillosa profesión.

**Angel Quispe Mendoza**

A Dios, por darme entendimiento y decisión para aprender y emprender en el maravilloso mundo de la ingeniería, por quererme ver sirviendo a los demás con sus grandes obras, por enseñarme que la ingeniería es para servir y no para servirse.

**Leyter Antony Reyes Ramirez**

## **Agradecimientos**

A Dios quien nos acompaña desde tiempos inmemorables guiando nuestros pasos, por darnos voluntad de elegir esta maravillosa carrera de ingeniería civil, ya que, ello conlleva a tener una responsabilidad social con nuestros prójimos y que poco a poco va haciendo que se convierta en un viaje de ingenio que se extenderá por el universo y trascenderá en el tiempo.

A nuestra alma mater la Universidad Nacional de Huancavelica – Escuela Profesional de Ingeniería Civil Huancavelica, conjuntamente con todo su plantel profesional docente, por impartirnos los conocimientos básicos para poder desarrollarnos profesionalmente con responsabilidad y liderazgo.

A nuestro asesor y jurados, por su orientación, motivación y transmisión de sus conocimientos para el logro de la citada tesis llegando a cumplir los objetivos con éxito.

En definitiva, a nuestros padres y familiares, porque sin importar el paso del tiempo siempre estarán con nosotros brindándonos la motivación más genuina que nos puedan ofrecer, su amor incondicional, convirtiéndose en energía y así alcanzar todas las metas que nos proponamos con el transcurso del tiempo.

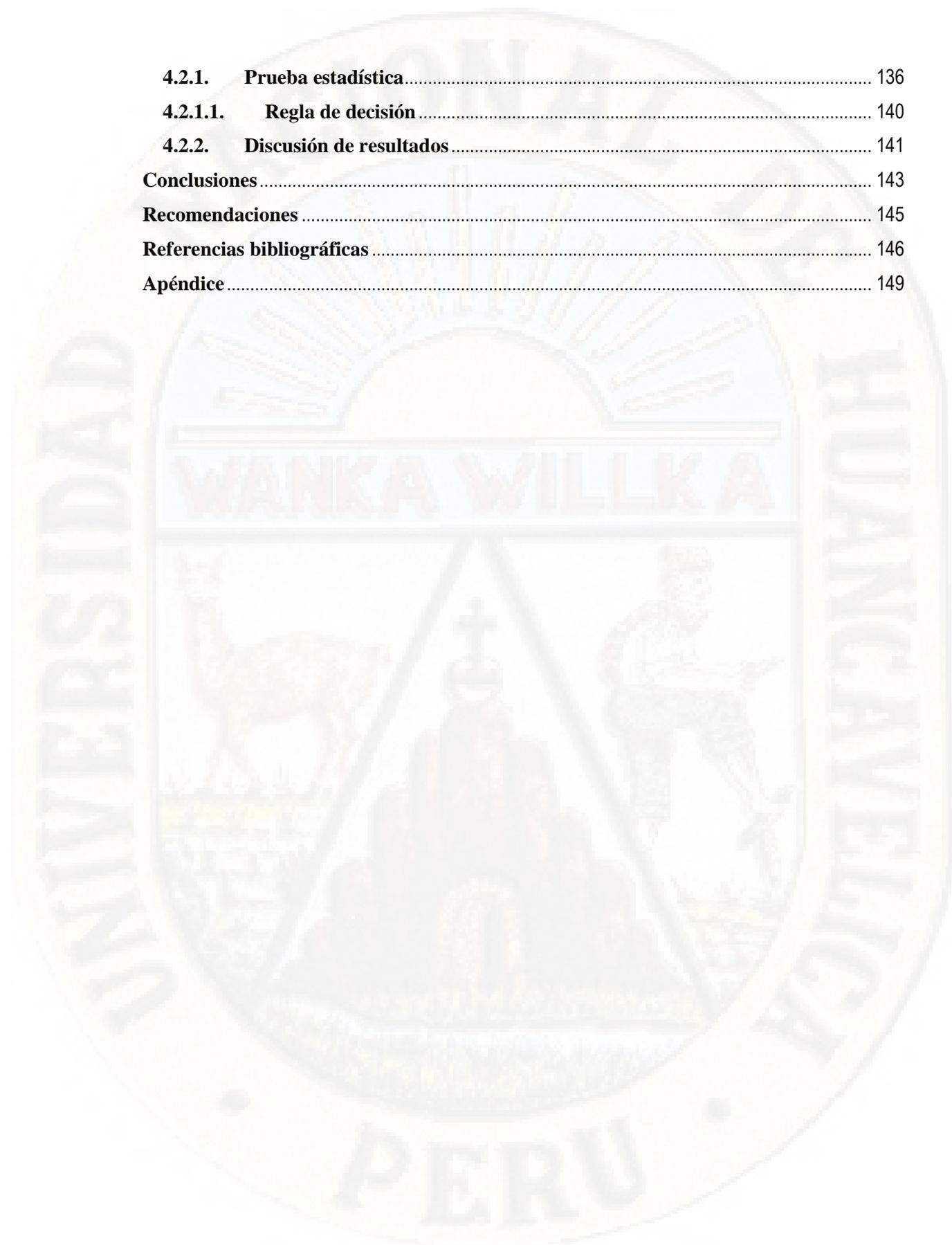
Los autores.

## Tabla de contenido

Acta de sustentación .....	ii
Título .....	iii
Autores .....	iv
Asesor .....	v
Dedicatoria .....	vi
Agradecimientos .....	vii
Tabla de contenido .....	viii
Tabla de contenido de cuadros .....	xi
Tabla de contenido de figuras .....	xiv
Tabla de contenido de fotografías .....	xv
Resumen .....	xviii
Abstract .....	xix
Introducción .....	xx
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Descripción y formulación del problema .....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Descripción del problema .....	1
1.1.2. Formulación del problema .....	4
<b>1.2. Objetivos .....</b>	<b>4</b>
1.2.1. Objetivo general .....	4
<b>1.3. Justificación .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Antecedentes .....</b>	<b>5</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	10
2.1.3. Antecedentes locales .....	14
<b>2.2. Bases teóricas .....</b>	<b>14</b>
2.2.1. Los morteros .....	14
2.2.2. Áridos .....	29
2.2.3. Los agregados .....	31
2.2.4. Revestimientos tradicionales: enfoscados y revocos .....	34
2.2.5. Agua .....	38
<b>2.3. Definición de términos .....</b>	<b>39</b>
<b>2.4. Hipótesis .....</b>	<b>46</b>
2.4.1. Hipótesis general .....	46

2.4.2.	Hipótesis específicas .....	46
2.5.	Variables .....	46
2.5.1.	Variable independiente.....	46
2.5.2.	Variable dependiente .....	46
2.6.	Operacionalización de variables .....	47
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>48</b>
3.1.	Ámbito temporal y espacial.....	48
3.2.	Tipo de investigación.....	49
3.3.	Nivel de investigación.....	50
3.4.	Método de investigación.....	50
3.5.	Diseño de investigación.....	51
3.6.	Población, muestra y muestreo.....	52
3.6.1.	Población.....	52
3.6.2.	Muestra.....	53
3.6.3.	Muestreo.....	53
3.7.	Instrumento y técnica de recolección de datos .....	54
3.7.1.	Instrumento de evaluación.....	54
3.7.2.	Técnica de evaluación .....	55
3.8.	Técnica y procesamiento de análisis de datos .....	56
3.9.	Esquema metodológico .....	58
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>61</b>
4.1.	Exposición de resultados.....	61
4.1.1.	Reconocimiento del terreno de los materiales.....	62
4.1.2.	Extracción y selección de la muestra .....	63
4.1.3.	Preparación de la muestra de los materiales.....	65
4.1.4.	Análisis en laboratorio de los materiales.....	67
4.1.4.1.	<i>Agregado fino y muestra de material Checco</i> .....	67
4.1.4.2.	<i>Diseño de mezcla de los materiales</i> .....	93
4.1.4.3.	<i>....Dosificación y tratamientos de mezclas de mortero para diferentes porcentajes de material Checco.</i> .....	104
4.1.5.	Prueba de adherencia y enlucido .....	107
4.1.5.1.	<i>Elaboración de testigos cilíndricos</i> .....	107
4.1.5.2.	<i>Determinación del ensayo a compresión de los testigos cilíndricos</i> .....	118
4.1.5.3.	<i>Aplicación de los morteros como material de acabado</i> .....	129
4.2.	Resultados.....	136

<b>4.2.1. Prueba estadística.....</b>	<b>136</b>
<b>4.2.1.1. Regla de decisión.....</b>	<b>140</b>
<b>4.2.2. Discusión de resultados.....</b>	<b>141</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>143</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>145</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>146</b>
<b>Apéndice.....</b>	<b>149</b>



## Tabla de contenido de cuadros

Tabla 1. Especificación por propiedades, para morteros de cemento y cal, preparados en laboratorio .....	18
Tabla 2. Tipos de mortero .....	19
Tabla 3. Especificación por proporciones para morteros de cemento y cal.....	20
Tabla 4: Especificación granulométrica de arena para morteros de pega y de relleno .....	23
Tabla 5. Proporciones recomendadas para morteros de relleno de celdas de mampostería.....	25
Tabla 6. Especificación granulométrica de las gravillas usadas en mezclas de mortero para relleno de celdas de mampostería. ....	29
Tabla 7. La clasificación de la arena por su origen.....	33
Tabla 8. Revestimientos continuos de fachada .....	35
Tabla 9. Componentes de enfoscados y revocos.....	36
Tabla 10. Funciones principales de enfoscado y revoco.....	37
Tabla 11. Tipos de morteros según sus componentes .....	38
Tabla 12. Propiedades del agua para la ejecución del mortero .....	39
Tabla 13. Operacionalización de variables .....	47
Tabla 14. Resultado del contenido de humedad del material Checco.....	72
Tabla 15. Resultado del contenido de humedad de la arena fina. ....	72
Tabla 16. Resultado del análisis granulométrico del material Checco. ....	76
Tabla 17. Resultado del análisis granulométrico de la arena fina.....	76
Tabla 18. Resultados del módulo de finura del material Checco.....	77
Tabla 19. Resultados del módulo de finura de la arena fina. ....	78
Tabla 20. Límites granulométricos para agregados finos. ....	79
Tabla 21. Resultados del peso unitario suelto del material Checco .....	83
Tabla 22. Resultado del peso unitario suelto de la arena fina .....	83
Tabla 23. Resultados del peso unitario compacto del material Checco .....	84
Tabla 24. Resultados del peso unitario compacto de la arena fina .....	84
Tabla 25. Resultados del peso específico y absorción del material Checco. ....	92
Tabla 26. Resultados del peso específico y absorción de la arena fina.....	92

Tabla 27. Condiciones de diseño de mezcla para el material Checco y la arena fina. .....	93
Tabla 28. Características físicas de los materiales. ....	93
Tabla 29. Características físicas del cemento. ....	94
Tabla 30. Resistencia requerida para el diseño de mezcla.....	94
Tabla 31. Tamaño máximo nominal y asentamiento para el material Checco y para la arena fina.....	95
Tabla 32. Volumen unitario de agua. ....	95
Tabla 33. Resultados del agua de diseño para el material Checco y para la arena fina. .....	96
Tabla 34. Contenido de aire atrapado. ....	96
Tabla 35. Resultados del aire atrapado para el material Checco y para la arena fina.	97
Tabla 36. Relación agua cemento. ....	97
Tabla 37. Resultados de la relación agua – cemento para el material Checco y para la arena fina. ....	98
Tabla 38. Dosificación del cemento para el diseño de mezcla del material Checco y la arena fina. ....	98
Tabla 39. Volúmenes absolutos para el material Checco. ....	99
Tabla 40. Volúmenes absolutos para la arena fina.....	99
Tabla 41. Resultados de los volúmenes absolutos para el material Checco. ....	100
Tabla 42. Resultados de los volúmenes absolutos para la arena fina.....	100
Tabla 43. Resultados por corrección de humedad del material Checco y la arena fina. .....	101
Tabla 44. Resultados de aporte de agua del material Checco y la arena fina. ....	101
Tabla 45. Dosificación corregida en peso por metro cúbico de mortero con material Checco. ....	102
Tabla 46. Dosificación corregida en peso por kilogramo de cemento con material Checco. ....	102
Tabla 47. Dosificación corregida por bolsa de cemento con material Checco. ....	103
Tabla 48. Dosificación corregida en peso por metro cubico de mortero con arena fina.....	103

Tabla 49. Dosificación corregida en peso por kilogramo de cemento con arena fina. .....	104
Tabla 50. Dosificación corregida por bolsa de cemento con arena fina. ....	104
Tabla 51. Cantidad de materiales en porcentaje para el diseño de mezcla. ....	105
Tabla 52. Dosificación del diseño de mezcla con 75% de material Checco y 25% de arena fina, para el tratamiento (T1). ....	105
Tabla 53. Dosificación del diseño de mezcla con 85% de material Checco y 15% de arena fina, para el tratamiento (T2). ....	106
Tabla 54. Dosificación del diseño de mezcla con 100% de material Checco, para el tratamiento (T3). ....	106
Tabla 55. Dosificación del diseño de mezcla con 100% de arena fina, para el tratamiento (T4). ....	107
Tabla 56. Resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del Tratamiento N°01. ....	123
Tabla 57. Resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del Tratamiento N°02. ....	124
Tabla 58. Resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del Tratamiento N°03. ....	125
Tabla 59. Resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del Tratamiento N°04. ....	125
Tabla 60. Variación porcentual de las resistencias de los tratamientos respecto a la resistencia de diseño. ....	128
Tabla 61. Arreglo aleatorizado al azar de 4 tratamientos x 5 repeticiones. ....	137
Tabla 62. Resultados de la estadística descriptiva, medidas de posición y medidas de dispersión. ....	137
Tabla 63. Resultado del análisis inferencial (ANOVA). ....	139
Tabla 64. Resultados de la comparación de medias de acuerdo al criterio por Tukey. .....	140
Tabla 65. Matriz de consistencia. ....	1

## **Tabla de contenido de figuras**

Figura 2. Segunda etapa, extracción y selección de muestra .....	58
Figura 1. Primera etapa, reconocimiento de terreno (canteras) .....	58
Figura 5. Cuarta etapa, análisis en laboratorio.....	59
Figura 3. Tercera etapa, preparación de la muestra. ....	59
Figura 4:Quinta etapa, prueba de adherencia y enlucido. ....	60
Figura 6: Sexta etapa, resultados.....	60
Figura 7. Ubicación del distrito de Paucará. ....	62
Figura 8. Curva de distribución granulométrica del material Checco. ....	79
Figura 9. Curva de distribución granulométrica de la arena fina. ....	80
Figura 10. Comparación del resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de los diferentes tratamientos. ....	126
Figura 11. Promedio del resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de los diferentes tratamientos. ....	127
Figura 12. Comportamiento de la resistencia a la compresión de los testigos cilíndricos de los diferentes tratamientos. ....	127
Figura 13.Comparación del promedio de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos con la resistencia de diseño.....	129

## Tabla de contenido de fotografías

Fotografía 1. Material Checho en el distrito de Paucará.....	63
Fotografía 2. Cantera de material Checco en el distrito de Paucará. ....	64
Fotografía 3. Extracción del material Checco desintegrado al tacto.....	64
Fotografía 4. Material Checco en condición de bolones compactos.....	65
Fotografía 5. Disgregación inicial del material Checco.....	66
Fotografía 6. Disgregado por chancado con pisón mecánico del material Checco. ..	66
Fotografía 7. Zarandeo del material Checco disgregado por el tamiz N°04.....	67
Fotografía 8. Muestras de material Checco.....	68
Fotografía 9. Muestra de arena fina. ....	69
Fotografía 10. Secado al horno del material Checco. ....	70
Fotografía 11. Secado al horno de la arena fina.....	70
Fotografía 12. Peso seco del material Checco. ....	71
Fotografía 13. Peso seco de la arena fina.....	71
Fotografía 14. Cuarteo del material Checco. ....	74
Fotografía 15. Cuarteo de la arena fina.....	74
Fotografía 16. Tamizado del material Checco. ....	75
Fotografía 17. Peso de la masa retenida en los tamices del material Checco.....	75
Fotografía 18. Peso de la masa retenida en los tamices de la arena fina.....	75
Fotografía 19. Peso de las briquetas.....	81
Fotografía 20. Peso unitario suelto del material Checco.....	81
Fotografía 21. Peso unitario suelto de la arena fina. ....	82
Fotografía 22. Peso unitario compacto del material Checco.....	82
Fotografía 23. Peso unitario compacto de la arena fina. ....	82
Fotografía 24. Muestra de material Checco y arena fina sumergida en agua durante 24 horas. ....	86
Fotografía 25. Secado homogéneo superficialmente seco del material Checco. ....	86
Fotografía 26. Secado homogéneo superficialmente seco de la arena fina.....	87
Fotografía 27. Condición superficialmente seca del material Checco. ....	87
Fotografía 28. Condición superficialmente seca de la arena fina. ....	88

Fotografía 29. Eliminación de aire atrapado por agitación manual del material Checco. ....	89
Fotografía 30. Eliminación de aire atrapado por agitación manual de la arena fina..	89
Fotografía 31. Determinación del peso total del picnómetro, material Checco y agua. ....	90
Fotografía 32. Determinación del peso total del picnómetro, arena fina y agua. ....	90
Fotografía 33. Secado al horno y registro del peso seco del material Checco.....	91
Fotografía 34. Secado al horno y registro del peso seco de la arena fina. ....	91
Fotografía 35. Pesado del material Checco para la elaboración de testigos cilíndricos. ....	108
Fotografía 36. Pesado de la arena fina para la elaboración de testigos cilíndricos... ..	108
Fotografía 37. Proceso de mezclado de los materiales. ....	109
Fotografía 38. Ensayo de cono de Abrams. ....	110
Fotografía 39. Verificación del asentamiento óptimo del diseño de mezcla con arena fina. ....	110
Fotografía 40. Verificación del asentamiento óptimo del diseño de mezcla con material Checco. ....	111
Fotografía 41. Adecuación de las briquetas cilíndricas. ....	112
Fotografía 42. Vaciado de mezcla de los diferentes tratamientos en las briquetas cilíndricas. ....	112
Fotografía 43. Proceso de desencofrado de los especímenes de mortero. ....	113
Fotografía 44. Desencofrado de los especímenes de mortero con material Checco. ....	114
Fotografía 45. Desencofrado de los especímenes de mortero con arena fina. ....	114
Fotografía 46. Especímenes de mortero desencofrados. ....	115
Fotografía 47. Peso de los especímenes de mortero antes del curado. ....	115
Fotografía 48. Registro de los pesos de los especímenes de mortero. ....	116
Fotografía 49. Adecuación de la poza de curado. ....	116
Fotografía 50. Inmersión de los testigos de mortero en la poza de curado. ....	117
Fotografía 51. Especímenes de los tratamientos en el proceso de curado inicial inmersos en la poza de curado. ....	117
Fotografía 52. Especímenes cilíndricos con 75% de material Checco a 28 días de edad.....	118

Fotografía 53. Especímenes cilíndricos con 85% de material Checco a 28 días de edad.....	119
Fotografía 54. Especímenes cilíndricos con 100 % de material Checco a 28 días de edad.....	119
Fotografía 55. Especímenes cilíndricos con 100 % de arena fina a 28 días de edad. ....	119
Fotografía 56. Ensayo a compresión de los testigos con 75% de material Checco más 25% de arena fina. ....	120
Fotografía 57. Ensayo a compresión de los testigos con 85% de material Checco más 15% de arena fina. ....	121
Fotografía 58. Ensayo a compresión de los testigos con 100% de material Checco. ....	121
Fotografía 59. Ensayo a compresión de los testigos con 100% de material Checco. ....	122
Fotografía 60. Testigos cilíndricos sometidos a compresión axial. ....	123
Fotografía 61. Materiales y herramientas utilizadas en la aplicación de morteros como material de acabado. ....	131
Fotografía 62. Adecuación de muro para aplicación de morteros como material de acabado. ....	131
Fotografía 63. Pintarrajado del muro de aplicaicon con cemento y agua. ....	132
Fotografía 64. Mezcla de los materiales para la conformación del mortero. ....	132
Fotografía 65. Aplicación de la mezcla en el muro. ....	133
Fotografía 66. Esparcimiento del mortero mediante movimientos circulares. ....	133
Fotografía 67. Nivelado y acabado final del mortero como material de acabado....	134
Fotografía 68. Acabado final del revestido con mortero de piedra Checco y mortero de arena fina. ....	134
Fotografía 69. Muro de revestido con mortero de piedra Checco y mortero de arena fina. ....	135
Fotografía 70. Curado de los acabados. ....	136

## Resumen

La presente tesis rotulada como “Influencia del mortero de piedra Checco como material de acabado” tuvo como objetivo primordial el determinar la influencia del mortero de piedra Checco como material de acabado diseminado en el sub objetivo de determinar la influencia del mortero de piedra Checco en la adherencia como material de acabado y determinar la influencia del mortero de piedra Checco en el enlucido como material de acabado. En el cual se aplicó la metodología de la investigación del tipo aplicada, de nivel explicativo, de método científico – experimental y de diseño de investigación de tipo cuasi experimental con post test y grupos intactos. Empleando como muestra a los materiales de piedra Checco, extraídas mediante muestreo no probabilístico, de las canteras a cielo abierto del distrito de Paucará, provincia de Acobamba y región de Huancavelica. En el cual se contrastó la hipótesis de los autores mediante el análisis de las varianzas con un nivel de significancia de 5% o nivel de confianza del 95% aplicando un diseño completamente al azar de un arreglo de cuatro tratamientos por 5 repeticiones. En donde se determinó que, las adiciones de material Checco en 75%, 85% y 100% influyen negativamente en la resistencia a la compresión con respecto a la resistencia de diseño de la sollicitación. En base a los resultados del ANOVA confirman la influencia significativa del material Checco en la resistencia a la compresión debido que se aprecia que el nivel de significancia es de 0.0001, el cual es menor a 0.05, a su vez se verificó en la tabla los límites unilaterales de F calculado que resultó 1953.55 mayor al F crítico que es 3.24, por otro lado, el desempeño que mostró el material Checco en el enlucido es muy visual, ya que el acabado que se muestra es tipo cara vista, liso, y el agua se escurre con facilidad como si fuera impermeable.

Palabras clave: mortero Checco, adherencia, enlucido, material de acabado.

## **Abstract**

The present thesis entitled "Influence of Checco stone mortar as a finishing material" had as its primary objective to determine the influence of Checco stone mortar as a disseminated finishing material in the sub-objective of determining the influence of Checco stone mortar on the adhesion as a finishing material and determine the influence of Checco stone mortar on the rendering material as a finishing material. In which the applied research methodology, explanatory level, scientific-experimental method and quasi-experimental research design with post-test and intact groups was applied. Using as a sample the Checco stone materials, extracted by non-probabilistic sampling, from the open-pit quarries of the Paucara district, Acobamba province and Huancavelica region. In which the authors' hypothesis was contrasted by analyzing the variances with a significance level of 5% or a confidence level of 95% applying a completely randomized design of an arrangement of four treatments by 5 repetitions. Where it was determined that, the additions of Checco material in 75%, 85% and 100% negatively influence the resistance to compression with respect to the design resistance of the solicitation. Based on the results of the ANOVA they confirm the significant influence of the Checco material on the compressive strength due to the fact that the significance level is 0.0001, which is less than 0.05, in turn the limits were verified in the table one-sided of F calculated that was 1953.55 greater than the critical F, which is 3.24, on the other hand, the performance shown by the Checco material in the plaster is very visual, since the finish shown is face-face type, smooth, and water drains off easily like waterproof.

**Keywords:** Checco mortar, adhesion, plastering, finishing material.

## **Introducción**

El trabajo de investigación presentado refiere al tema de la influencia del mortero de piedra Checco como material de acabados, en un principio se puede denotar que el mortero de este material mencionado influye significativamente en los acabados, que no es otra cosa que la adherencia y el enlucido que este mortero Checco presentó, es decir para obtener un buen acabado estará vinculado a estos dos últimos aspectos.

En la actualidad para obtener un buen acabado se requiere de materiales selectos que puedan cumplir ciertas normas nacionales y muchas veces internacionales y de esta manera garantizar su funcionalidad por la que son construidos, sin embargo, emplear estos materiales muchas veces resulta costoso por diversas causas, para el caso, la arena fina para la elaboración de mortero para acabados es precaria a causa de canteras o yacimientos inexistentes en ciertas localidades, en cuanto a ello el suministro de esta materia prima es insuficiente lo que genera ser suministrado de otras localidades muchas veces alejadas, generándose elevados costo de transporte y flete. Pues, existe cierta desigualdad entre las poblaciones que no tiene recursos materiales como económicos, de los que sí cuentan con este material, arena fina, a consecuencia los acabados son deficientes ya que estos pobladores muchas veces oscilan en la dosificación de materiales, y más aún en la arena fina por ser costosa y precaria en sus localidades.

No obstante, el problema se agranda más ya que al haber escases en ciertas localidades generaría una mayor demanda, por consiguiente, la explotación exhaustiva de la arena fina repercutiría negativamente en el impacto ambiental donde son explotadas.

Según el informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2019):

La extracción de materia prima entre los años 1970 y 2017 paso de 27 mil millones a 92 mil millones de toneladas al año, el cual viene ascendiendo, en gran medida por grandes demandas e inversiones en la industria de la construcción, siendo el mineral no metálico más extraído globalmente, la arena, que desde el año 1970 se incrementó de 9 mil millones a 44 mil millones de toneladas al año 2017,

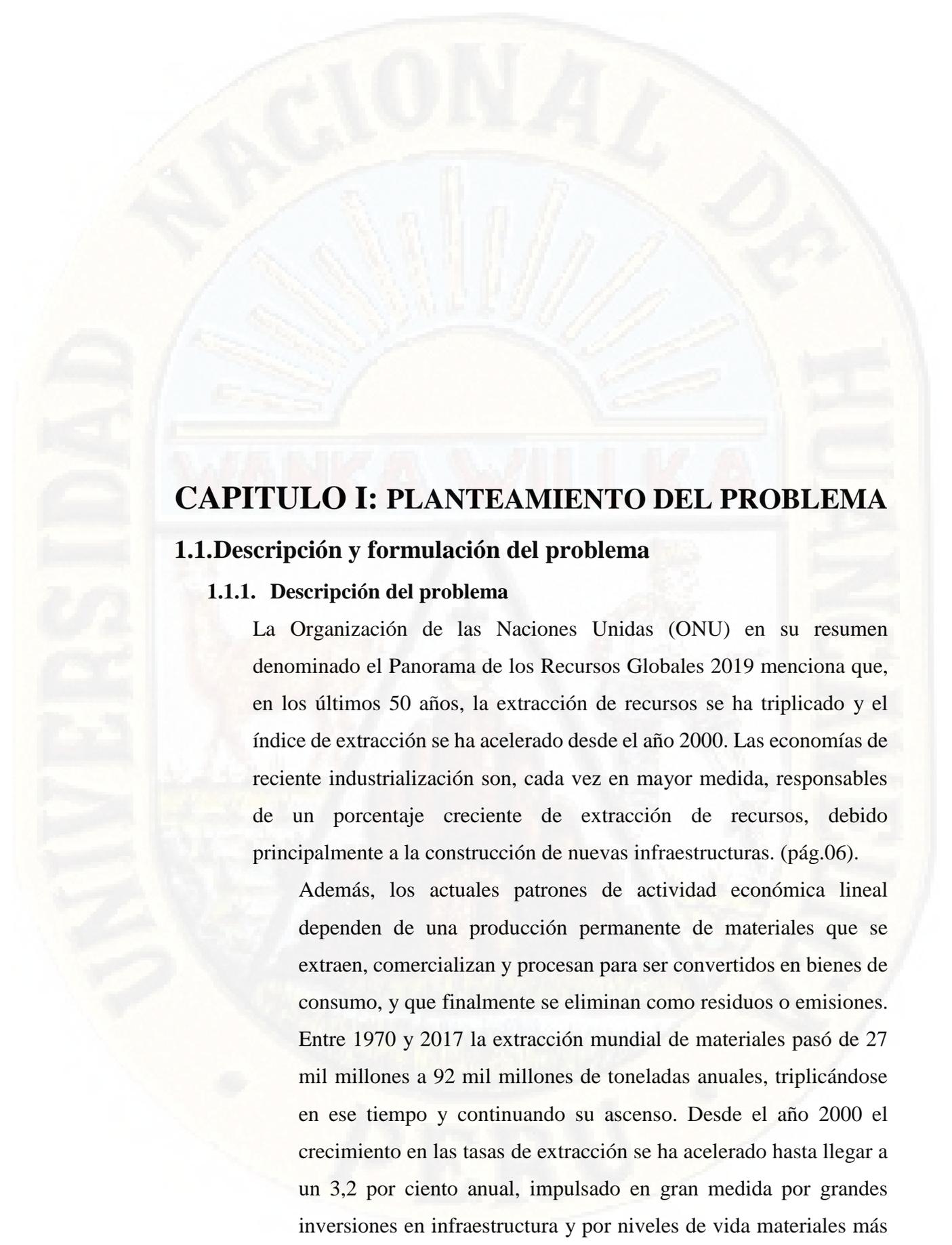
repercutiendo el cambio climático, impactos de material particulado en la salud, en la biomasa global y el estrés hídrico. (pp. 12-13)

Sin embargo el informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2019) se señala que *“un desarrollo sostenible se logra mediante el empleo óptimo de la combinación de los recursos, de esta manera el ritmo de la economía seguirá creciendo, así como, el bienestar humano respetando los límites que imponga la naturaleza”* (pág. 5)

Por lo descrito párrafos arriba nace el interés de buscar nuevas formas de construcción en cuanto a morteros de Checco para acabados, por lo que este material abunda en el distrito de Paucará, región y provincia de Huancavelica, de esta manera los pobladores contarían con un nuevo material con el cual puedan suministrar y suplir en cierta forma a la arena fina, abaratando costos y obteniendo un acabado de calidad.

Por lo que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo primordial determinar la influencia del mortero de piedra Checco como material de acabado. De tal manera que se analizará diseños de mezcla con 100%, 85% y 75% de material Checco, como reemplazo de arena fina.

De esta manera se contribuirá a la población del distrito de Paucará con un nuevo material para la construcción de acabados, el cual no solo abaratará costos sino también reducirá el impacto ambiental creando un ambiente sostenible.



## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.Descripción y formulación del problema**

#### **1.1.1. Descripción del problema**

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su resumen denominado el Panorama de los Recursos Globales 2019 menciona que, en los últimos 50 años, la extracción de recursos se ha triplicado y el índice de extracción se ha acelerado desde el año 2000. Las economías de reciente industrialización son, cada vez en mayor medida, responsables de un porcentaje creciente de extracción de recursos, debido principalmente a la construcción de nuevas infraestructuras. (pág.06).

Además, los actuales patrones de actividad económica lineal dependen de una producción permanente de materiales que se extraen, comercializan y procesan para ser convertidos en bienes de consumo, y que finalmente se eliminan como residuos o emisiones. Entre 1970 y 2017 la extracción mundial de materiales pasó de 27 mil millones a 92 mil millones de toneladas anuales, triplicándose en ese tiempo y continuando su ascenso. Desde el año 2000 el crecimiento en las tasas de extracción se ha acelerado hasta llegar a un 3,2 por ciento anual, impulsado en gran medida por grandes inversiones en infraestructura y por niveles de vida materiales más

altos en países en desarrollo y en transición, especialmente en Asia, es así que los minerales no metálicos como la arena, la grava y la arcilla representan la mayor parte de los minerales no metálicos utilizados. El incremento en el uso de estos minerales, que pasó de 9 mil millones a 44 mil millones de toneladas entre 1970 y 2017 representa un gran cambio en la extracción global, de biomasa a minerales. (ONU, 2019, pág.12)

Actualmente el Perú se encuentra en vías de desarrollo, el sector de la construcción es uno de ellos cuyas cifras se incrementaron en 0.76% en julio, el mes anterior se registraron un 13.63%, esto según el informe publicado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en agosto de 2019.

De los 1874 distritos que existen en el país, en 43 distritos más del 90,0% (1 millón 186 mil 935) de viviendas particulares predominan en sus paredes exteriores material noble (ladrillo o bloque de cemento y piedra o sillar con cal o cemento), según la publicación Características de las Viviendas Censadas del INEI del año 2017, pag.28, esto significa que existe una demanda incesante de los áridos, ya sea para el uso en estructuras, fachadas y demás elementos que compone el sector de la construcción.

Toda construcción necesita arena fina para el revestimiento como acabado estético y sobre todo como protección al paso del agua producto de la humedad proveniente del suelo, del medio ambiente o de las lluvias, deseándose para ello obtener morteros de durabilidad óptima en los cuales, se busca que a través de los enlucidos impermeabilizar las estructuras y así salvaguardar la funcionalidad de los acabados.

El no tener un elemento de protección o un acabado en las construcciones, no garantiza la protección a los elementos estructurales, de persistir así la fachada, un muro o cualquier

elemento estructural que esté a la periferia sin ningún revestimiento se generarían filtraciones de agua pudiendo generar corrosión de los refuerzos estructurales, debilitando a la construcción en su totalidad, ya que uno de los principales enemigos de la construcción es la filtración de agua, además, el no contar con un adecuado suministro de arena fina debido a la escasez de este material en la zona, genera que los pobladores oscilen en la dosificación del mortero para sus acabados, repercutiendo en la disminución de arena fina, pues, para adquirir este material hay que transportarlo de localidades que muchas veces están alejadas, al no contar con canteras que garanticen el suministro de arena fina, genera una demanda alta, esto trae costos elevados de este material por ser dotados de otras localidades alejadas, reflejados en costos elevados de transporte y flete.

Además, la explotación de la arena fina y los beneficios e impactos generados se distribuyen de manera desigual entre las localidades, es decir, generan impactos ambientales negativos donde son explotados y generan crecimiento económico para quienes son suministrados.

Para garantizar un adecuado acabado en las construcciones, que reflejen buena adherencia y enlucido, es necesario utilizar la correcta dosificación de arena fina y contar con la mano de obra adecuada. Es así que la necesidad de realizar un acabado en las viviendas se pueden también utilizar nuevos materiales de construcción con propiedades similares a la arena fina; que cumplan con los parámetros mínimos exigibles de un mortero, por lo que se pretende utilizar la piedra Checco; como agregado fino; con esto se desvincularía la explotación incesante de la arena fina mediante la utilización de este mineral no metálico, esto porque el material abunda en la zona, de tal manera se fomente beneficios sociales y ambientales sustanciales, contribuyendo a la reparación de daños

ambientales anteriores y otorgando crecimiento económico para un desarrollo sostenible hacia el futuro.

### **1.1.2. Formulación del problema**

#### **1.1.2.1. Problema general**

¿De qué manera influye el mortero de piedra Checco como material de acabado?

#### **1.1.2.2. Problemas específicos**

¿De qué manera influye el mortero de piedra Checco en la adherencia como material de acabado?

¿De qué manera influye el mortero de piedra Checco en el enlucido como material de acabado?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar la influencia del mortero de piedra Checco como material de acabado.

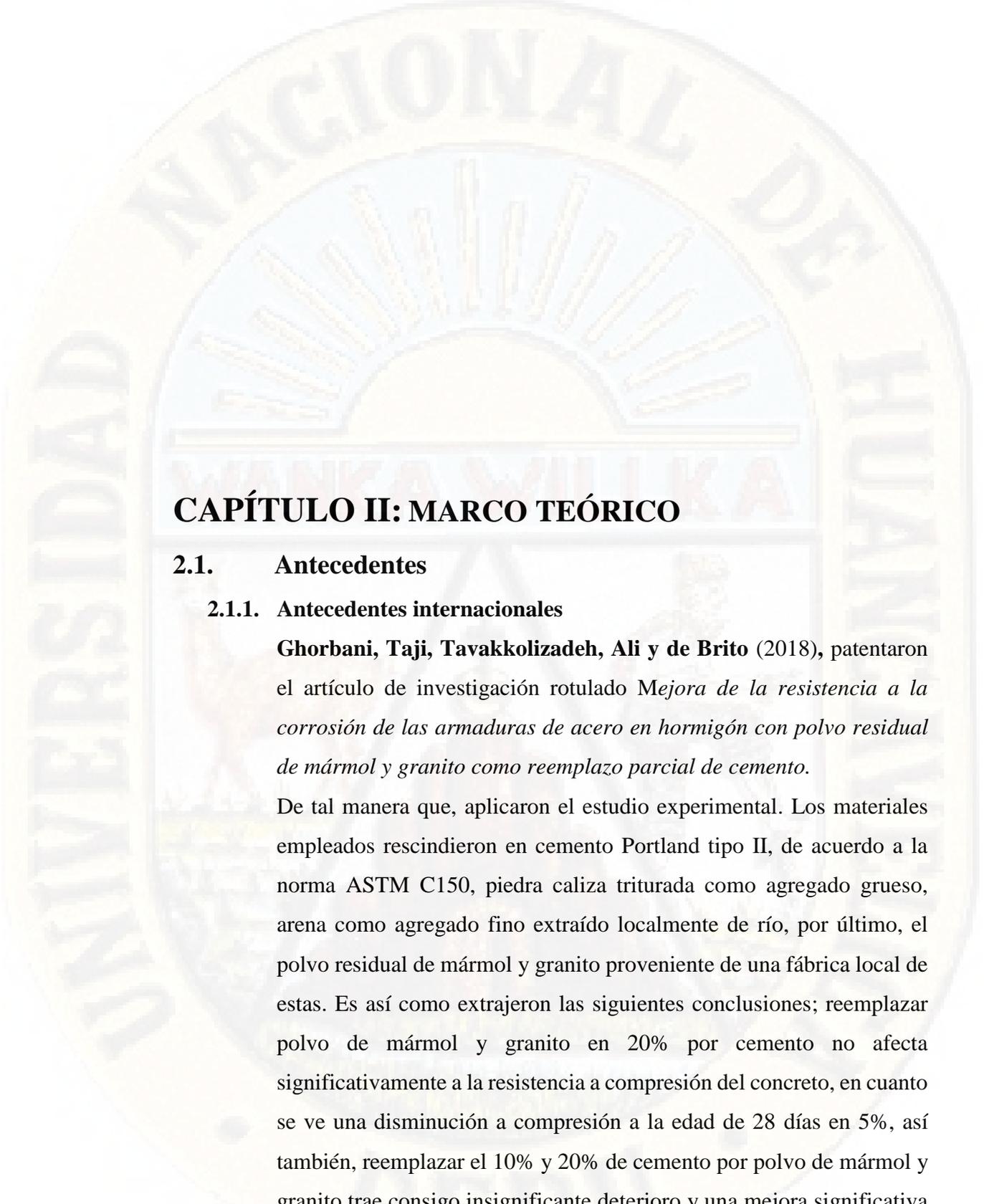
### **1.2.2. Objetivos específicos**

Determinar la influencia del mortero de piedra Checco en la adherencia como material de acabado.

Determinar la influencia del mortero de piedra Checco en el enlucido como material de acabado.

## **1.3. Justificación**

La presente investigación se realiza con el fin de buscar nuevos materiales de construcción en este caso es el mortero de piedra Checco y verificar cuál es su efecto al reemplazarlo por la arena fina en porcentajes del 100%, 85% y el 75%, para su uso en el revoco de obra civiles y así contribuir con la protección de los elementos estructurales, fachadas, muros, etcétera, frente a los fenómenos meteorológicos como la filtración de agua, humedad y otros; además de reducir la contaminación ambiental producidos por la gran cantidad de consumo energético que demanda la extracción de arena fina.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

**Ghorbani, Taji, Tavakkolizadeh, Ali y de Brito (2018)**, patentaron el artículo de investigación rotulado *Mejora de la resistencia a la corrosión de las armaduras de acero en hormigón con polvo residual de mármol y granito como reemplazo parcial de cemento*.

De tal manera que, aplicaron el estudio experimental. Los materiales empleados rescindieron en cemento Portland tipo II, de acuerdo a la norma ASTM C150, piedra caliza triturada como agregado grueso, arena como agregado fino extraído localmente de río, por último, el polvo residual de mármol y granito proveniente de una fábrica local de estas. Es así como extrajeron las siguientes conclusiones; reemplazar polvo de mármol y granito en 20% por cemento no afecta significativamente a la resistencia a compresión del concreto, en cuanto se ve una disminución a compresión a la edad de 28 días en 5%, así también, reemplazar el 10% y 20% de cemento por polvo de mármol y granito trae consigo insignificante deterioro y una mejora significativa en la resistencia a la corrosión. Dicha resistencia y compresión sumado la absorción de agua con mezclas de hasta 20 % de polvo de mármol y

granito por reemplazo de cemento, no cambian significativamente, por lo tanto, estos parámetros no resultan confiables para la evaluación de la corrosión del concreto. Finalmente, a los 92 días de edad y estar expuestos a una solución de NaCl al 3.5%, las corrosiones en las superficies de las barras no tuvieron efecto.

**Mashaly, Shalaby y Rashwan** (2018), efectuaron el artículo de investigación científica epigrafiado *Rendimiento de mortero y concreto que incorporan lodo de granito como reemplazo de cemento*.

En el cual realizaron un tratado experimental. Por consiguiente, emplearon los materiales como; cemento Portland ordinario, en cumplimiento a la norma ASTM C 150-2004, lodo de granito, extraído de las máquinas de prensado por filtro de las plantas de procesamiento en el área de Shaq El- Thoaban, sur del Cairo, en un estado sólido húmedo conteniendo 25% de agua, como agregado fino la arena natural de tamaño máximo 4.75 mm en cumplimiento con la norma ASTM C 33-2003 y el otro tipo de arena clasificada estándar de tamaño máximo 1.18mm en cumplimiento de la norma ASTM C 778-2002, por último, el agregado grueso con tamaño máximo nominal de 9,5 mm en cumplimiento a la norma ASTM C 33-2003. Recalando en las conclusiones; añadir lodo de granito incrementa la demanda de agua, sin embargo, disminuye el tiempo de fraguado inicial y final, como el caso, usar 10% de lodo de granito muestra mejora en la absorción de agua y aparente porosidad, por otra parte, usar el 20% de lodo de granito conlleva a un aumento ligero de estas características. Además, en las mezclas de mortero usar el 30% de lodo de granito repercute negativamente en la resistencia a compresión y flexión de este, por otra parte, la pérdida de masa y resistencia por ataque de sulfato aumenta. Finalmente, en las mezclas para concreto, añadir el 10% y 20% de lodo de granito, existe una disminución insignificante en las propiedades mecánicas en comparación a la muestra de control.

**Li, Wang, Tan, Kwan y Li** (2018), realizaron el artículo de investigación científica epigrafiado *Agregar polvo de granito como reemplazo de pasta para mejorar la durabilidad y la estabilidad dimensional del mortero*.

Quienes realizaron un estudio experimental. Los materiales empleados fueron cemento Portland ordinario, en base a la norma China GB175-2007 con densidad relativa de 3.08, arena de río con densidad relativa de 2.58 tamaño máximo de 1.18 mm, contenido de humedad de 0.16% y absorción de agua de 1.10%. Así mismo, se empleó superplastificante en policarboxilato, con densidad relativa 1.03 y contenido de masa sólida del 20%. Finalmente se empleó polvo de granito, proveniente de residuos durante el corte, conformación y el pulido de gres; encontraron que el polvo de granito posee una densidad relativa 2.62 para la citada investigación. Aterrizaron en las conclusiones que reemplazar pasta por polvo de granito reduce significativamente la profundidad de carbonatación y las tasas de absorción de agua se reducen, como el caso, una relación agua – cemento de 0.4, añadido con polvo de granito en 15% en volumen de mortero, reduciría la carbonatación hasta en 21.40% y las tasas de absorción de agua reducirían en 40.90% y 17.60%, inicial y secundaria respectivamente; Además, reemplazar polvo de granito por pasta disminuye la tensión a contracción, como el caso, una relación agua – cemento de 0.4, añadido con polvo de granito en 15% en volumen de mortero, reduciría la deformación por contracción final en un 37.9% y la tasa de contracción en un 65.1%.

**Gonzáles** (2016), con su investigación titulada *Estudio del mortero de pega usado en el Cantón Cuenca. propuesta de mejora, utilizando adiciones de Cal*

Poseyó el objetivo de seleccionar características en forma plástica y física para morteros complementados con cal en comparación con morteros de diseño con respecto a la norma ecuatoriana INEM 2518\_2010. Utilizando el diseño experimental y empleando como

muestra el análisis de dos clases de mortero de cemento – arena y cuatro clases de mortero de cemento complementados con distintas dosis de cal, en donde buscó corroborar la fidelidad de su hipótesis de lograr una mejora en la trabajabilidad, así mismo, en las facciones físicas y mecánicas del mortero para pega de mampostería. Aterrizando en el epílogo que el mortero cemento – arena complementado con cal, en su estado plástico obtiene una mejora en el contenido de aire, mejora la trabajabilidad, plasticidad y baja el porcentaje de retención de agua, con respecto a los morteros de cemento, así mismo, los morteros complementados con cal optimizan su resistencia a compresión en estado endurecido a la edad de 7, 28 y 35 días de edad, en comparación de morteros de cemento que estos presentan cierto decrecimiento a la resistencia a la compresión en dichas edades; por último, complementar cal al diseño de morteros no conlleva un incremento en el costo en la construcción de viviendas.

**Herrera** (2012), en su tesis rotulada *Diseño del proceso de elaboración de un producto para acabado de paredes, a partir del hidróxido de calcio resultante de la combustión de la piedra caliza*.

Tuvo el propósito de planificar la fabricación secuencial de un producto proveniente de la combustión de la piedra caliza - hidróxido de calcio, para el acabado de paredes. Empleando el diseño experimental y experimentando con muestras provenientes de “Calera del Pacífico” y un producto comercial “Albalux”, además de seguir los lineamientos de la norma INEM 251, recopilando muestras de piedra caliza por triplicado, cal viva y cal hidratada, con peso promedio de 2.5kg cada una. Recalando en las conclusiones que los resultados obtenidos de los ensayos y análisis de la cal producida por la calera del Pacífico con respecto al producto comercial Albalux, son semejantes en cuanto a su granulometría, presentando una mínima diferencia en la malla de 25.4 um en un 6.17%; finalmente, determinó que es mucho más óptimo emplear un 80% de cal hidratada con 20% de arena en el acabado de

paredes, además, de corroborar que dichas características son similares al producto industrial albalux.

**Molina** (2006), con su investigación epigrafiada *evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno*.

Con el objetivo de estudiar morteros de albañilería y revestimiento, fabricados con cemento portland y escoria, empleando un desarrollo experimental y tomando como muestra de escoria de la planta Sidegua con referencia al kilómetro 65, municipio de Masagua, departamento de Escuintla, utilizando dos tipos de cemento mezclado, el primero CM 30-70, con 30% de cemento y 70% de escoria y el CM 70-30, con 70% de cemento y 30% de escoria. Obteniendo los siguientes resultados; la fineza del cemento está relacionado con la hidratación del mismo y por ende es quien garantiza la resistencia a compresión, como el caso del cemento mezclado tipo CM 70-30 fue del 15% retenido en el tamiz N° 325, siendo este la mitad del porcentaje retenido del cemento tipo CM-70, continuando, el tiempo de fragua infiere directamente en la trabajabilidad del cemento, es así que, el cemento mezclado tipo CM 70-30 garantiza dicha característica en base a la norma ASTM C-95, más no el tipo CM 30-70, sin embargo, ninguno de estos tipos garantiza una buena resistencia a compresión, a pesar que el tipo CM 70-30 obtuvo 5 veces mayor al tipo CM 30-70; finalmente el mortero de revestimiento resultó óptimo, pues, tuvo buena adherencia, fue resistente a los agentes climáticos y posee buen enlucido. Aterrizando en las conclusiones; la fineza del cemento está directamente relacionada con la hidratación en el mortero influyendo así en la resistencia a compresión de este y el mortero de revestimiento con el tipo de cemento CM 70-30 no garantiza su manejo en base a la norma ASTM C-270.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

**Díaz y Rodríguez** (2019), efectuaron la investigación titulada *Mejoramiento de la resistencia de un concreto  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, sustituyendo el 10% de arena gruesa por polvo de roca granito de la cantera de Talambo en la ciudad de Chepén – La Libertad.*

Enmarcaron el propósito de obtener la resistencia del concreto sustituyendo el 10% de arena gruesa por polvo de roca granito de la cantera Talambo en la ciudad de Chepén – La Libertad. Aplicando la metodología de investigación del tipo cualitativa, con diseño cuasi – experimental y nivel aplicada. Tomaron como muestra el polvo de roca granito obtenida de la cantera Talambo en la ciudad de Chepen, en su hipótesis demostró la factibilidad de la resistencia del concreto adicionando polvo de roca granito como un material de reemplazo a la arena gruesa en 10% por tener procedencia ígnea con elevado contenido de sílice y aluminio, para un concreto  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, originando una nueva tecnología del concreto con un nuevo material. Aterrizaron en las conclusiones que el análisis de los resultados obtenidos por la sustitución del 10% de arena gruesa por polvo de roca granito, sobrepasa la resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días a 263 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días a 303 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días a 337 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, notaron que los efectos logrados por las probetas experimentales no garantizan mejorar la resistencia del concreto  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, debido a que el efecto de resistencia final lograda a los 28 días fue 5 % menos al patrón. Con respecto al costo que genera el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con adición de polvo de roca granito, es mayor al normal, a causa de no tomar en consideración a las plantas chancadoras y solo a la extracción de polvo granito.

**Guido** (2018), en su investigación rotulado *Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén.*

Vigorizó el objetivo de puntualizar el concreto pobre empleando polvo de granito de las partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo para producir concreto de alta resistencia. Empleando el diseño experimental, con una muestra de 352 testigos de forma cilíndricas de concreto, en donde buscaron corroborar la fidelidad de su hipótesis que el polvo de granito proveniente de las partículas del chancado de esta será idóneo para elaborar concreto de alta resistencia. Arribando a la conclusión que utilizar más del 10% de polvo de granito, en función del peso del cemento, disminuye la resistencia a compresión del concreto, además, esta adición disminuye la trabajabilidad logrando un asentamiento de 0.4 pulgadas, en promedio, y aún más importante la adición de polvo de granito aumento en 10% la resistencia de cada testigo, en función del peso del cemento.

**Velarde** (2017), en su tesis titulada *Evaluación del polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad, absorción en un concreto ligero, Trujillo-2017.*

Afianzó el objetivo de estudiar el polvo de aluminio fundido a saber el asentamiento, compresión, densidad, absorción de un concreto ligero. Entonces utilizó el diseño experimental con post – prueba y grupo de control, con una muestra de 192 testigos de 10 cm x 20 cm endurecido, en donde buscó corroborar su hipótesis de mejorar la resistencia a compresión mediante la adición progresiva de polvo de aluminio y a la vez reducir la densidad de estos. Consiguiendo el epílogo de obtener un asentamiento de 4” correspondiente a una resistencia de 224 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días, en base al régimen ACI 211, así mismo, un asentamiento del 4.50” con resistencia de 214 kg/cm<sup>2</sup> incorporando 1%, del peso de cemento, del aditivo superplastificante EUCO37. Además, coronaron que el 1.5% de polvo de aluminio es el más óptimo al ser adicionado con el 1% de superplastificante, ya que resta un asentamiento de 4” con una resistencia a compresión de 236 kg/cm<sup>2</sup> a la edad de 28 días, obtenido así un concreto ligero.

**López y Mamani** (2017), en su investigación titulada *Influencia del nanosílice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno*. Se trazaron el propósito de prescribir la atribución del nanosílice en la durabilidad del concreto sujeto a periodos de congelamiento y deshielo, así como también, prescribir la resistencia a compresión y la porosidad de estos. Cuya metodología empleada fue del tipo correlacional-sincrónicas-cuantitativo, de nivel exploratorio y con diseño experimental. En cuanto realizaron un muestreo referencial, dando así, un total de 144 briquetas de concreto. Por consiguiente, comprobaron la fidelidad de su hipótesis a un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  que al añadir nanosílice en proporciones de 0.5%. 1.0% y 1.5%, en base al peso del cemento, la durabilidad del concreto mejora. Recalando en las conclusiones que, la resistencia a la compresión del concreto aumenta al añadir 1.5% de nanosilice, en base al peso del cemento, con valores de 490.72 kg/cm<sup>2</sup> y 516.62 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 y 56 días, resultando mayor a las briquetas de control. Las briquetas de control resultaron con deterioros al estar sujetos al congelamiento y deshielo, no llegando así a la resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> a edades de 28 y 56 días, con valores del 86.9% y 98.0% respectivamente, en cuanto a las briquetas con nanosilice, obtuvieron mejora en la resistencia a la compresión garantizando su durabilidad al congelamiento y deshielo, además el concreto patrón presenta valores de porosidad de 3.16, 5.70 y 6.23 % a edades de 27, 43 y 56 días, comparado al concreto con 1.0 % de nanosilice, que se obtuvo porosidades con valores de 1.14, 1.74 y 1.85 % a semejantes edades.

**Chávez** (2017), en su tesis rotulada *Resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento sustituido en 4% y 8% por la ceniza *Phragmites australis* "Carrizo"*.

Afianzó el objetivo de averiguar la influencia de la ceniza activada de carrizo seco suplida al cemento en 4% y 8% con respecto a la

resistencia a compresión axial de concreto, comparado con pruebas de control  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Empleando la metodología de investigación del tipo aplicada, con diseño experimental, después de lo cual tomó como muestra 27 testigos de concreto, 9 de control, 9 suplido en 4% al cemento y 9 suplido en 8% al cemento, con cenizas del tallo seco de carrizo. En el cual corroboraron la fidelidad de su hipótesis, mediante el análisis ANOVA, que al suplir cemento por ceniza del carrizo seco en 4% y 8%, la resistencia del concreto incrementa siendo mayor que un concreto de diseño  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Logrando el epílogo que la relación  $a/c = 0.684$  para la probeta de control es semejante al diseño de mezcla de suplir cemento en 4% y 8% por ceniza de carrizo, además, la resistencia a compresión axial del concreto al suplir 4% de cemento por ceniza de carrizo resulta de  $274.48 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, viéndose incrementado en 21.21% al diseño patrón y que suplir 8% de cemento por ceniza de carrizo la resistencia a compresión axial de concreto resulta de  $241.70 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, viéndose incrementado 5.61 al diseño patrón; sin embargo, suplir 8% de cemento por carrizo disminuye la resistencia a compresión axial con respecto a suplir el 4% en este.

**Alemán** (2017), consolidó la investigación titulada *Resistencia a compresión axial del mortero cemento – arena 1:4 con el reemplazo de vidrio molido*

Con el propósito de establecer la resistencia a compresión axial del mortero cemento-arena 1:4 con el reemplazo de vidrio molido. Empleando el diseño de investigación experimental, utilizando como muestra 6 cubos de mortero por cada porcentaje y edad de ensayo haciendo un total de 96 probetas cúbicas, corroborando su hipótesis el incremento de la resistencia a compresión axial del mortero cemento – arena 1:4 en más de 10%, al reemplazo del cemento con vidrio molido. Aterrizando en la conclusión que la elaboración de mortero cemento – arena 1:4; incrementa la resistencia a los 7 días sustituyendo 5% de

cemento por vidrio molido en 21.70 % en base al testigo de control, a los 28 días incrementa en un 19.27 % en base al testigo de control, que disminuye notablemente en 2.43% a la resistencia a compresión.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

**Rojas y Ventura** (2017), efectuaron la investigación rotulada *Utilización del relave minero para la elaboración de bloques de concreto tipo ensamblable*. Enmarcaron el objetivo de la ocurrencia de efectuar relave minero para bloques de concreto tipo ensamble, analizando la cadencia del relave minero para la dosificación del diseño de mezclas, así como también, en la dosificación de los bloques de concreto tipo ensamble. Efectuando el tipo de investigación aplicada con un nivel de tipo explicativo. Tomando como muestra no probabilística intencionada a 20 bloques de concreto tipo ensamble. Donde recalaron que el relave minero contempla una gradación gruesa que asegura su calidad, y que al sustituir el relave minero por agregado fino aumentó la demanda de agua debido a la textura fina del relave minero, del análisis de varianza obtuvieron que, remplazar el 50% de agregado fino por relave minero influye con mayor significancia ya que se obtiene una mayor resistencia a compresión y por ende mayor compatibilidad con los testigos control siendo óptimo para la elaboración de bloques de relave minero para ensamble.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Los morteros**

#### ***2.2.1.1. Historia de los morteros***

El origen del empleo del mortero de cal parece remontarse a la época neolítica. Este estudio ofrece una revisión histórica del desarrollo de los morteros como materiales ligantes en construcción a través de las distintas civilizaciones, todo ello desde la perspectiva de las técnicas de aplicación, de la composición de las mezclas y de la durabilidad y calidad de las mismas. Griegos y romanos

perfeccionaron enormemente la técnica de mortero de cal, mientras que los egipcios dominaban la preparación y aplicación de los morteros de yeso. En el medioevo la situación socioeconómica influyó de forma decisiva en que no se destacara ningún progreso técnico notable. En el siglo XVIII comienza la aparición de ligantes hidráulicos modernos, que desembocará en el siglo siguiente con el revolucionario cemento Portland (Álvarez, Pérez y García, 1993, pág. 53)

### ***2.2.1.2. Evolución en la fabricación de morteros***

Cronológicamente pueden diferenciarse varias etapas en la fabricación de mampostería, como mencionan Salamanca (2001), hay distintas clases de mortero, así como las:

- primeras construcciones de mampostería elaboradas con piedras y mortero de barro,
- utilización de morteros de arcilla,
- descubrimiento de la cal apagada hecha a partir de la cal viva para la elaboración de morteros,
- morteros de cal y arena usados en mampostería poco antes de la aparición del cemento Portland a mediados del siglo XIX; son morteros convencionales de baja trabajabilidad, pero de excelente resistencia a compresión y de fraguado rápido,
- morteros modernos de mampostería elaborados con cal, arena y cemento Portland, beneficiándose de las propiedades de cada uno de esos componentes. (pág. 42)

#### **a. Morteros para mampostería**

En un muro de mampostería el mortero representa entre un 10 y un 20% del volumen total del material; no obstante, su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor de lo que indica tal porcentaje. Por esta razón se considera de fundamental importancia el capítulo de la mampostería dentro del tema de los morteros; sus funciones son:

a) Función estética:

- dar acabado al muro, colorido, textura, etc.

b) Función estructural:

- liga las unidades de mampostería,
- sello para impedir penetración de aire y de agua,
- se adhiere al refuerzo de las juntas, a los amarres metálicos y a pernos anclados, de modo que los hace actuar conjuntamente,
- de ser mampostería reforzada envuelve, protege y actúa en unión de la armadura embebida.

### ***2.2.1.3. Definición del Mortero***

En su definición más general es toda mezcla de [cemento + arena + agua]. El mortero, por su parte, aun cuando se le podría considerar como una clase especial de concreto, que solo contiene agregados finos, pero que en sus componentes es básicamente igual a aquel, no ha experimentado el mismo grado de desarrollo práctico, o por lo menos ha sido considerado injustamente como de 'clase inferior', a pesar de su indiscutible utilidad y de su universalidad de usos en las obras. Es entonces el propósito de la presente tesis, recopilar una serie de informaciones básicas sobre los morteros, a fin de resaltar aquellos aspectos que a criterio del autor merecen mayor atención en aras de conseguir un apropiado comportamiento del material, y en consecuencia mejorar la calidad de las obras. (Salamanca, 2001, pág. 42)

El mortero puede tener función estructural, o no tenerla. Los pañetes, por ejemplo, no poseen función estructural; los morteros usados en mampostería (pega o relleno), o los usados para fundir elementos estructurales, sí poseen tal función.

- 1) De acuerdo con su origen, los morteros pueden ser premezclados en planta, premezclados secos, o elaborados en obra.
- 2) De acuerdo con su dosificación ha sido costumbre hablar de morteros de relación 1: n (1:3 o 1:4, etc.), queriendo indicar partes de cemento: arena; sin embargo, bajo esta denominación se ha incurrido casi siempre en un error implícito por lo siguiente:
  - no es claro si se trata de partes en masa o en volumen,
  - varios morteros con la misma relación 1: n, y con igual manejabilidad, pueden arrojar diferentes resistencias a compresión a los 28 días, en razón de la granulometría de la arena utilizada.

Como quiera que uno de los usos fundamentales de los morteros es el referido a la mampostería, se definen entonces por las normas las siguientes categorías:

a) Morteros premezclados húmedos

Son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados, agua y eventualmente aditivos, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. Puede tratarse de morteros convencionales o morteros de larga vida que permiten su almacenamiento en estado fresco hasta 48 horas, de forma que su proceso de fraguado sólo se inicia una vez entra en contacto con las unidades de mampostería.

b) Morteros premezclados secos

Son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados secos y aditivos en polvo, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. El proceso de mezclado del mortero seco debe concluirse en el sitio de la obra, con la adición controlada de agua, siguiendo recomendaciones del fabricante.

#### 2.2.1.4. Clasificación de los morteros

De acuerdo con la norma ASTM C 270 (1999), los morteros se clasifican, bien por sus propiedades, o por sus proporciones. Toda especificación debe hacerse por una sola categoría de las indicadas, pero no por ambas (son excluyentes), pág.35

La especificación por propiedades (resistencia a la compresión, retención de agua y contenido de aire), adquiere sentido para efectos de diseño con base en pruebas de laboratorio, más no para morteros mezclados en obra. Se asume que las proporciones establecidas en laboratorio son las que se emplearán al mezclar en obra, esperándose del producto un comportamiento satisfactorio.

En el siguiente cuadro se muestra tal clasificación, referida a los morteros de cemento y cal.

Tabla 1. Especificación por propiedades, para morteros de cemento y cal, preparados en laboratorio

Tipo de mortero	Resistencia mínima a la compresión a los 28 días, kg/ cm <sup>2</sup> (Mpa)	Retención mínima de agua, %	Contenido máximo de aire	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
M	175 (17.0)	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes.
S	125 (1.0)	75	12	
N	50 (5.0)	75	14*	
O	25 (2.5)	75	14*	

\*Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal el contenido máximo de aire debe ser del 12%.

Fuente: Salamanca (2001)

La especificación por proporciones se basa en el conocimiento previo de los pesos unitarios de los materiales componentes del mortero; en el cuadro que se muestra a continuación se detalla tal clasificación para los morteros de cemento y cal.

Para la NTP 399.610 sobre las unidades de albañilería, los tipos de morteros es como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Tipos de mortero

Mortero	Tipo	Resistencia a la compresión promedio a los 28 días, mín. Mpa (lb/pulg <sup>2</sup> )	Retención de agua, mín., %	Contenido de aire, máx., % B	Índice de agregado (medido en la condición húmeda suelta)
<b>Cemento – cal</b>	M	17,2 (2 500)	75	12	No menos que 2 ¼ y no más que 3 ½ veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementosos.
	S	12,4 (1 800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14C	
	O	2,4 (350)	75	14C	
<b>Mortero de cemento</b>	M	17,2 (2 500)	75	12	la suma de los volúmenes separados de materiales cementosos.
	S	12,4 (1 800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14C	
	O	2,4 (350)	75	14C	
<b>Cemento de albañilería</b>	M	17,2 (2 500)	75	18	la suma de los volúmenes separados de materiales cementosos.
	S	12,4 (1 800)	75	18	
	N	5,2 (750)	75	20D	
	O	2,4 (350)	75	20D	

A: solo mortero preparado en laboratorio, en la nota 01 se especifica a detalle.

Nota 1: si se permite el cloruro de calcio, se utilizará con precaución porque puede tener efecto dañino sobre los metales o el acabado de la pared.

B: véase, la nota 02 hace referencia a lo estipulado en la norma.

Nota 2: las masas por metro cúbico son consideradas como sigue:

material Masa	kg/m <sup>3</sup> ,
cemento Portland	1 505,
cemento adicionado	Peso impreso en la bolsa,
mortero cemento	Peso impreso en la bolsa,
cemento de albañilería	Peso impreso en la bolsa,

cal hidratada 640,  
 masilla de cal “A” 1 280,  
 arena, húmeda y suelta “B” 1 280 kg de arena seca,

“A”: toda cal viva deberá ser apagada con las indicaciones del fabricante. Toda masilla de cal, excepto la pulverizada, deberá ser tamizada por el tamiz N° 20 (850 µm). La masilla que pese menos puede utilizarse en la proporción especificada, si la cantidad extra de masilla requerida se adiciona para alcanzar el mínimo peso requerido,

“B”: para propósitos de esta NTP, se utilizarán 1 280 kg (80 lb) de arena secada al horno. Esto es, en la mayoría de los casos, el equivalente a un pie cúbico de arena húmeda suelta,

“C”: cuando el refuerzo estructural se incorpora al mortero de cemento-cal o mortero de cemento, el máximo contenido de aire deberá ser 12 %,

“D”: cuando el refuerzo estructural se incorpora al mortero de cemento de albañilería, el máximo contenido de aire deberá ser 18 %. (Norma Técnica Peruana. 1996, pág.08),

En la tabla N°3, se especifica las proporciones por tipo de mortero:

Tabla 3. Especificación por proporciones para morteros de cemento y cal

Tipos de mortero	Proporciones de volumen (materiales cementantes)		Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
	Cemento portland o Portland adicionado	Cal hidratada o apagada	
<b>M</b>	1	0.25	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes.
<b>S</b>	1	0.25 a 0.50	
<b>N</b>	1	0.50 a 1.25	
<b>O</b>	1	1.25 a 2.50	

Fuente: Salamanca (2001)

En la práctica lo recomendable es especificar el mortero con la resistencia más baja, que se ajuste a los requisitos del trabajo. Es importante anotar además que:

- cuando se especifique un mortero de resistencia baja, éste no puede ser sustituido indiscriminadamente por otro mortero de mayor resistencia,
- no se deben cambiar las proporciones del mortero premezclado diseñado para una obra en particular, ni emplear materiales con características físicas diferentes en la mezcla, a menos que se restablezca su conformidad con los requisitos de la norma.

1) Características del mortero tipo “M”

- es una mezcla de alta resistencia,
- ofrece más durabilidad que otros morteros,
- se recomienda para mampostería reforzada, o sin refuerzo, pero sometida a grandes cargas de compresión para cuando se prevea congelamiento, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes, temblores,
- se debe usar en estructuras en contacto con el suelo: cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de aguas negras, pozos, etc.

2) Características del mortero tipo “S”

- es un mortero que alcanza la más alta característica de adherencia que un mortero puede alcanzar,
- debe usarse para las estructuras sometidas a cargas de compresión normales, pero que requieran a la vez de una alta característica de adherencia,
- debe usarse en aquellos casos en los que el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos cerámicos, baldosines de barro cocido, etc.

### 3) Características del mortero tipo “N”

- es un mortero de propósito general, para ser utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo,
- es bueno en enchapes de mampostería, paredes internas y divisiones,
- representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía,
- usualmente las mezclas de tipo N, alcanzan cerca de 125 kg/cm<sup>2</sup> (1800 psi) de resistencia a la compresión, en los ensayos de laboratorio. Debe tenerse presente que la calidad de mano de obra, la succión propia de los elementos de mampostería y otras variables afectan su resistencia una vez colocado.

### 4) Características del mortero tipo “O”

- es un mortero de baja resistencia y con un alto contenido de cal,
- puede usarse en paredes y divisiones sin carga o para revestimientos exteriores que no estén sometidos a congelamiento, aun cuando puedan estar húmedos,
- son usuales en construcciones de vivienda de uno o dos pisos,
- por su excelente trabajabilidad y bajo costo, son morteros preferidos por los albañiles.

#### ***2.2.1.5. Correlación entre morteros y piezas de mampostería***

El tipo de mortero usado en cada obra debe correlacionarse con las piezas de mampostería,

bloques o ladrillos, a efecto de evaluar su compatibilidad, y garantizar una fuerte adherencia, que evite la entrada de agua al muro. Así, tratándose del uso de piezas de mampostería con gran tasa inicial de absorción, son de mejor compatibilidad los morteros

de gran retención de agua (tipo O). Esto significa que ladrillos de mucha absorción deben combinarse con morteros de alto contenido de cal. Por el contrario, para ladrillos de poca absorción los ensayos indican que es más conveniente el uso de mortero con mayor contenido de cemento que de cal (Morteros tipo S o M).

Granulometría recomendada para las arenas de morteros de pega y de relleno. Las normas recomiendan un uso granulométrico según se trate de arena natural o arena de trituración, que se presenta en el siguiente cuadro, donde además se incluye, con fines comparativos, la recomendación de arenas para concreto, y los valores de módulos de finura respectivos

Tabla 4: Especificación granulométrica de arena para morteros de pega y de relleno

<b>% que pasa el tamiz, mm (N°)</b>	<b>Arena natural</b>	<b>Arena de trituración</b>	<b>Arena para concreto</b>
<b>4.8 (N°4)</b>	100	100	95-100
<b>2.4 (N°8)</b>	95-100	95-100	80-100
<b>1.2 (N°16)</b>	70-100	70-100	50-85
<b>0.6 (N°30)</b>	40-75	40-75	25-60
<b>03 (N°50)</b>	10-35	20-40	10-30
<b>0.15 (N°100)</b>	2-15	10-25	2-10
<b>0.75 (N°200)</b>	0-0	0-10	
<b>Módulo de finura</b>	2.83 - 1.75	2.65 - 1.60	3.38 - 2.15

Fuente: La tecnología de los morteros de Salamanca Correa ( 2001)

Recomendaciones adicionales respecto a la granulometría: no basta solamente con el cumplimiento de la granulometría, sino que además deben considerarse otros parámetros de importancia, que se describe así:

- a) la arena no debe tener más del 50% retenido entre dos tamices consecutivos, ni más del 25% retenido en el tamiz de 0.15 mm (No. 100) Y que pase del tamiz de 0.30 mm (No. 50),
- b) si el módulo de finura varía en más de 0.20 del valor asumido para escoger las proporciones del mortero, la arena debe

rechazarse a menos que se modifiquen las proporciones de la mezcla para compensar el cambio,

- c) cuando la junta tenga más de 10 mm de espesor, es conveniente usar arenas más gruesas,
- d) cuando las juntas sean muy delgadas se usan arenas que pasan totalmente el tamiz de 2.4 mm (No. 8) y 95% el tamiz de 1.2 mm (No. 16).

#### ***2.2.1.6. Tipos de morteros:***

Los tipos de morteros para el Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (2007), los morteros son clasificados, según su finalidad en:

- a) mortero para unión: Se usan para unir bloques,
- b) mortero para repello: Se usan para dar acabado a una pared.

#### ***2.2.1.7. Dosificación de los morteros***

Sobre la dosificación del mortero Merritt y Ricketts (2000) menciona que son generalmente proporcionados por volumen. Una especificación común es que no se utilizarán más de 3 pies<sup>3</sup> de arena con 1 pie<sup>3</sup> de material cementoso. Sin embargo, a veces se encuentra dificultad para determinar cuánto material constituye un pie cúbico: una bolsa de cemento (94 lb) por acuerdo se llama pie cúbico en la proporción de morteros u hormigones, pero se puede usar un pie cúbico real de masilla de cal en proporciones de morteros. (pág. 22).

Para Salamanca (2001), las proporciones de los morteros de relleno recomienda el uso de las proporciones indicadas en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Proporciones recomendadas para morteros de relleno de celdas de mampostería

<b>Material</b>	<b>Mortero fino</b>	<b>Mortero grueso</b>
<b>Cemento</b>	1 parte	1 parte
<b>Cal</b>	0 a 0.1 del cemento	0 a 0.1 del cemento
<b>Arena</b>	2.25 a 3.0 partes	2.25 a 3. partes
<b>Gravilla</b>	-	1 a 2 partes

Fuente: La tecnología de los morteros de Salamanca Correa ( 2001)

#### **2.2.1.8. Calidad de los morteros**

La calidad de los morteros depende de las características de los componentes, así como de la correcta preparación y manejo adecuado de la mezcla, en el sitio de la obra. El mortero puede hacerse manualmente o en equipo mezclador, de eje horizontal con tambor fijo. En ambos casos, se recomienda solo mezclar la cantidad suficiente para 1.5 hora de aplicación. Este cuidado evita que el mortero endurezca o pierda plasticidad. (Merrit & Ricketts, 2000. pág.23)

#### **2.2.1.9. Propiedad de los morteros**

- La trabajabilidad: es una propiedad importante de los morteros, particularmente de los utilizados en conjunción con unidad de mampostería de alta absorción. La trabajabilidad es controlada por el carácter del cemento y cantidad de arena. Por ejemplo, un mortero hecho de 3 partes de arena y 1 parte de masilla de cal apagada serán más viables que una hecha de 2 partes de arena y 1 parte de cemento portland. Pero el mortero 3: 1 tiene menor resistencia. Por selección o mezcla adecuada de materiales cementosos, un compromiso satisfactorio generalmente se puede obtener, produciendo un mortero de resistencia y trabajabilidad adecuados.

- Retención de agua: la proporción del flujo después de 1 minuto de succión estándar al flujo antes de la succión: se utiliza como índice de la trabajabilidad de los morteros. Un alto valor de la retención de agua se considera deseable para la mayoría de los propósitos. Hay, sin embargo, una amplia variación en la retención de agua de morteros hechos con proporciones variables de cemento y lima y con limas variables. La especificación estándar para el mortero de la unidad de mampostería, "ASTM C270", requiere mortero mezclado a un flujo inicial de 100 a 115, como determinado por el método de prueba de ASTM C109, para tener un flujo después de la succión de al menos 75%.
- La resistencia del mortero; se usa con frecuencia como requisito de especificación, aunque tiene poca relación con la fortaleza de la mampostería. El cambio de volumen de los morteros constituye otra propiedad importante. El cambio de volumen normal (a diferencia de la falta de solidez) puede considerarse como la contracción durante el endurecimiento temprano, contracción en el secado, expansión en la humectación y cambios debido a la temperatura.

Para Venkateswara & Vishnukanth (2018), las propiedades importantes de una buena mezcla de mortero son la movilidad, la capacidad de colocación y la retención de agua.

- La movilidad se utiliza para indicar la consistencia de la mezcla de mortero, que puede variar de rígida a fluida. La movilidad del mortero depende de la composición del mortero y las mezclas de mortero que se utilizarán para trabajos de albañilería, trabajos de acabado, etc. La superficie depende de la movilidad del mortero.

- La capacidad de colocación de la mezcla de mortero debe ser tal que se desarrolle una fuerte unión con la superficie del lecho. (pág. 60)
- Una buena mezcla de mortero debe poseer la capacidad si se conserva humedad adecuada durante el transporte y colocación sobre la cama porosa. Si el poder de retención de agua de la mezcla de mortero es bajo, se separa en capas durante el transporte y cuando entra en contacto con la cama porosa como ladrillo, madera, etc., regala su agua a esa superficie. Por lo tanto, el mortero se vuelve pobre en una cantidad de agua. Y el agua restante demuestra ser insuficiente para su endurecimiento. (pág. 61)

Además de las propiedades, el mortero debe cumplir con lo siguiente:

1. Debe ser capaz de desarrollar una buena adhesión con las unidades de construcción como ladrillos, piedras, etc.
2. Debe ser capaz de desarrollar las tensiones diseñadas.
3. Debe ser capaz de resistir la penetración del agua de lluvia.
4. Debería ser barato.
5. Debe ser duradero.
6. Debe ser fácilmente viable.
7. No debe afectar la durabilidad de los materiales con los que entra en contacto

#### **2.2.1.10. Control de calidad de los morteros**

a) Resistencia a la compresión:

se controla mediante la elaboración de cubos de mortero de 5 cm de arista, o de cilindros de 7.5 cm (3") de diámetro y 15 cm (6") de altura; o de cilindros de 10 cm (4") de diámetro y 20 cm (8") de altura.

El uso de los cubos, siendo un procedimiento dispendioso y de cuidado, más apropiado para laboratorio, no es recomendable en obra. Es preferible el uso de cilindros, fundidos en tres capas, 25 golpes, varilla redondeada de 9.5 mm, mazo de caucho, etc.; los ensayos usuales son a 7 y 28 días de edad.

b) Ensayo de retención de agua:

es un ensayo mediante el cual una muestra de mortero se somete a succión mediante un aparato que permite aplicar vacío de 50.8 mm de mercurio durante 60 segundos, de acuerdo con la Norma ASTM C916. El valor del flujo obtenido después de este tratamiento, expresado como porcentaje del flujo medido antes de la succión, es la capacidad de retención de agua del mortero.

Morteros de relleno para celdas de mampostería

Los morteros para llenar las celdas de los muros de mampostería pueden ser finos o gruesos, de acuerdo con la propia dimensión de las celdas de los bloques:

- cuando las celdas tienen más de 10 cm de lado, puede usarse una mezcla con agregado grueso hasta de 9.5 mm de tamaño máximo nominal; la arena tiene la misma especificación granulométrica que la de morteros de pega,
- cuando es posible usar mezclas gruesas para el mortero de relleno, se recomienda que la gravilla tenga la granulometría indicada en el siguiente cuadro:

Tabla 6. Especificación granulométrica de las gravillas usadas en mezclas de mortero para relleno de celdas de mampostería.

<b>% que pasa el tamiz, mm (N°)</b>	<b>Gradación 1</b>	<b>Gradación 2</b>
<b>12.5 (1/2")</b>	100	100
<b>9.5 (3/8")</b>	85-100	90-100
<b>4.8 (N°4)</b>	10-30	20-55
<b>2.4 (N°8)</b>	0-10	5-30
<b>1.2 (N°16)</b>	0-5	5-10
<b>0.6 (N°30)</b>	0-0	0-5

Fuente: La tecnología de los morteros de Salamanca Correa (2001)

#### **2.2.1.11. Usos:**

- a) para unir las unidades de construcción como ladrillos, piedras, etc,
- b) realizar trabajos de pintura y yeso sobre superficies expuestas. de albañilería,
- c) para formar una capa de ropa de cama uniforme para construir unidades,
- d) para formar juntas de tuberías,
- e) para mejorar la apariencia de la estructura.

#### **2.2.2. Áridos**

Para Rodríguez, (2003) los áridos que forman parte de morteros son materiales granulares inorgánicos de tamaño variable. Su naturaleza se define como inerte ya que por sí solos no deben actuar químicamente frente a los componentes del cemento o frente a agentes externos (aire, agua, hielo, etc.). Sin embargo, sí influyen de forma determinante en las propiedades físicas del mortero, al unirse a un conglomerante. En general, no son aceptables áridos que contengan sulfurooxidables, silicatos inestables o componentes de hierro igualmente inestables. (pág.22)

### **2.2.2.1. Tipos de áridos**

Según su procedencia y método de obtención, los áridos pueden clasificarse en:

- a) áridos naturales. Son los procedentes de yacimientos minerales obtenidos sólo por procedimientos mecánicos. Están constituidos por dos grandes grupos,
- b) áridos granulares. Se obtienen básicamente de graveras que explotan depósitos granulares. Estos áridos se usan después de haber sufrido un lavado, en su clasificación tienen forma redondeada, con superficies lisas y sin aristas, y se les denomina «áridos rodados». Son principalmente áridos de naturaleza silícea,
- c) áridos de machaqueo: se producen en canteras tras arrancar los materiales de los macizos rocosos y someterlos posteriormente a trituración, molienda, su clasificación: presentan superficies rugosas y aristas vivas. Son principalmente áridos de naturaleza caliza, aunque también pueden ser de naturaleza silícea,
- d) áridos artificiales: están constituidos por subproductos o residuos de proceso sin industriales, resultantes de un proceso que comprende una modificación térmica u otras. Son las escorias siderúrgicas, cenizas volantes de la combustión del carbón, fílleres, etc,
- e) áridos reciclados: resultan de un tratamiento del material inorgánico que se ha utilizado previamente en la construcción, por ejemplo, los procedentes del derribo de edificaciones, estructuras firmes, etc. Aunque las arenas no toman parte activa en el fraguado y endurecimiento del mortero, desempeñan un papel técnico muy importante en las características de este material, porque conforman la mayor parte del volumen total del mortero. Por ello, podríamos decir que la arena es la esencia del

mortero. De ahí la importancia de conocer algunas de sus características tanto físicas como químicas. (pág. 22)

### **2.2.3. Los agregados**

Para Gómez, (2017) se entiende por agregados a una colección de partículas de diversos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza, ya sea en forma de finos, arenas y gravas o como resultado de la trituración de rocas. Cuando el agregado proviene de la desintegración de las rocas debido a la acción de diversos agentes naturales se le llama agregado natural, y cuando proviene de la desintegración provocada por la mano del hombre se le puede distinguir como agregado de trituración, pues este método es el que generalmente se aplica para obtener el tamaño adecuado. Los agregados naturales y los de trituración se distinguen por tener por lo general un comportamiento constructivo diferente, sin embargo, se pueden llegar a combinar teniendo la mezcla a su vez características diferentes.

Los agregados que se emplean más en la construcción se derivan de las rocas ígneas, de las sedimentarias y de las metamórficas, y es de esperarse que las cualidades físicas y mecánicas de la roca madre se conserven en sus agregados. En la actualidad es posible producir algunos tipos de agregado de manera artificial, como por ejemplo la perlita y la vermiculita que se obtienen de la cocción de espumas volcánicas, otro ejemplo lo constituye el agregado ligero que se obtiene de la expansión por cocción de nódulos de arcilla, en general a estos agregados se les puede llamar agregados sintéticos. Existen otros materiales resultado de la actividad industrial que bajo ciertas condiciones pudieran usarse como agregados (en lugar de almacenarse como desperdicio), como la escoria de alto horno, la arena sílica residual del moldeo de motores, la ceniza de carbón quemado y otros. (pág.63)

Para la NTP E.060 los agregados para concreto deben cumplir con lo siguiente:

- a. los agregados fino y grueso deberán ser manejados como materiales independientes. Cada una de ellos deberá ser procesado, transportado, manipulado, almacenado y pesado de manera tal que la pérdida de finos sea mínima, que mantengan su uniformidad, que no se produzca contaminación por sustancias extrañas y que no se presente rotura o segregación importante en ello,
- b. el agregado fino podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes. Deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas,
- c. la granulometría seleccionada para el agregado deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla,
- d. el lavado de los agregados se deberá hacer con agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión. (pág. 30)

#### **2.2.3.1. Arenas**

Para Tejela y De Arteaga (2010) las arenas se forman a partir de la erosión de las rocas. Debido a su proceso de formación existe una gran heterogeneidad en su composición, ya que proceden de lugares distintos y de diferentes tipos de rocas. Las mejores arenas para la construcción son las que están limpias y que tienen formas irregulares angulosas. Con esto se consigue que la arena se una bien al cemento y la cal.

Las arenas para morteros deben cumplir una serie de condiciones:

- la forma de los granos debe ser redonda o poliédrica,
- el tamaño de los granos no debe ser superior a 5 mm,

- el contenido en finos o fracción de árido menor que 0,080 mm debe cumplir con la norma “UNE-EN 933-1:1998,
- el contenido en materia orgánica y otras impurezas debe cumplir con la “UNE-EN 1744-1:1999,
- una forma de comprobar la calidad de la arena es coger un puñado de esta con la mano y, si cruje y no mancha la palma de la mano, se considera de buena calidad, en caso contrario será de mala calidad y deberá ser lavada. Por su origen, podemos diferenciar varios tipos de arenas, tal como se muestra en el siguiente cuadro. (pág.18)

Tabla 7. La clasificación de la arena por su origen

Funciones	Enfoscados	Revocos
Arena de río	Se extrae de los ríos. Su característica principal es haber sufrido grandes desplazamientos, y, por lo tanto, procesos de gran erosión. Se presenta en granos redondeados	Es la más utilizada en construcción. Tiene la ventaja de encontrarse normalmente limpia, es decir, sin tierra ni otras sustancias pegadas. Si está sucia, debe limpiarse, porque las impurezas hacen que no se una bien ni a la cal ni al cemento
Arena fósil	Proviene del hundimiento de las rocas que, por el viento y el agua, han sufrido procesos de transporte y erosión hasta su situación actual. Se presenta en granos angulosos	Se caracteriza por estar muy limpia de tierra y por ser más angulosa que la de río, por lo que es muy apreciada. El problema es que se encuentra en lugares de difícil acceso, motivo por el que resulta más cara
Arena virgen	Es la que todavía no ha sido transportada y permanece en su lugar de origen. Se presenta en granos angulosos	Al no haber sido lavada por aguas tendrá tierra pegada y será necesario lavarla antes de su utilización
Arena de mina		Suele contener arcilla, porque no es recomendable su uso. Si fuera necesario, tendría que ser lavada antes de ser utilizada en un mortero.
Arena de mar	Se extrae del mar. Se presenta en granos redondeados	Se puede utilizar siempre y cuando se haya lavado bien con agua dulce y se encuentre limpia

Fuente: Acabados en exteriores de Tejela y De Arteaga (2010)

#### **2.2.4. Revestimientos tradicionales: enfoscados y revocos**

Como menciona Tejela y de Arteaga (2010); los enfoscados y los revocos son los revestimientos que se usaban tradicionalmente para cubrir las fábricas de albañilería. Ambos revestimientos, llamados continuos por estar hechos de una pasta de mortero que se extiende sobre los paramentos, sirven para proteger los muros exteriores y dotarlos de un acabado estético. Además de recordar que los acabados continuos exteriores son revestimientos en los que se emplea un solo material monolítico y son adecuados en soportes que requieren una resistencia a la interperie.

##### ***2.2.4.1. Concepto y propiedades***

El enfoscado constituye el revestimiento que más se utiliza en albañilería.

En exteriores, su función principal es proteger la de los agentes atmosféricos. Para que un enfoscado sea capaz de proteger la fachada de los agentes atmosféricos, especialmente de la lluvia, es necesario que su superficie sea lisa y poco porosa. Sobre el enfoscado los paramentos exteriores se suele aplicar un revoco para dotar al paramento de una mayor resistencia, impermeabilidad y de un acabado estético que puede ser trabajado de distintas formas.

El enfoscado también se utiliza en interiores para revestir paredes interiores y techos. Su función principal es regularizar el soporte (muros o techos) para aplicar posteriormente otro acabado, por ejemplo, un revoco.

El término revoco aparece en el diccionario como revoque: “Revestimiento continuo compuesto por una capa de mortero de cierta calidad que se tiende encima del enfoscado, para terminar el guarnecido de la pared”. Aunque se pueden emplear en interiores, los revocos se emplean normalmente para revestir paramentos exteriores, dotándolos de una mayor impermeabilidad.

La técnica tradicional del revoco, empleada en España en las fachadas de muchos edificios de los siglos XVIII y XIX, consiste en extender sobre el paramento sucesivas capas de mortero, muy delgadas, de forma que se consiga un conjunto de gran dureza. Esta dureza e impermeabilidad aumenta con el paso del tiempo, dando como resultado una estructura pétreo.

Los morteros que se utilizaban tradicionalmente para la ejecución de los revocos eran de cemento o de cal. Actualmente también se utilizan morteros a base de resinas sintéticas, llamados morteros monocapa, para sustituir al revoco tradicional en algunas rehabilitaciones, como se verá más adelante.

Tabla 8. Revestimientos continuos de fachada

<b>Revestimientos continuos de fachada</b>			
<b>Acabados</b>	<b>Tipos</b>	<b>Definición</b>	<b>Componentes</b>
<b>Enfoscados</b>	Tradicionales	Revestimientos continuos elaborados con mortero de cemento, cal o mixto.	Agua, Arenas, Cal, Cementos mortero
<b>Revocos</b>	Tradicionales	Revestimientos continuos, que se tienden encima de los enfoscados, elaborado con mortero de cemento, cal o mixto.	
<b>Morteros, monocapa y bicapa</b>	Modernos	Morteros especiales que se aplican como acabado protector de fachadas frente al agua de lluvia.	Ligante, Cargas minerales, Cargas sintéticas

Fuente: Acabados en exteriores de Tejela y De Arteaga (2010)

Los enfoscados y los revocos, son revestimientos continuos a base de morteros elaborados con arena, cemento o cal, y amasados con

agua. Se diferencian entre sí en el tipo de arena, cemento o cal que se emplean en cada caso tal como se explica en el siguiente cuadro:

Tabla 9. Componentes de enfoscados y revocos.

	Arena	Cemento	Cal	Agua
Enfoscados	Arenas de río y de machaqueo de rocas. Forma de los granos redondeada.	Sacos de cemento pórtland gris, cuando el enfoscado es la base otro acabado.	Cal aérea para el “mortero mixto” y cal hidráulica para el “mortero de cal”.	Agua potable
Revocos	Arenas de río y de machaqueo de rocas, pero lavadas para evitar “eflorescencias”. Forma de los granos angulosa	Sacos de cemento pórtland blanco, para que el acabado sea más estético.	Cal aérea para el “mortero mixto” y cal hidráulica para el “mortero de cal”.	Agua potable

Fuente: Acabados en exteriores de Tejela y De Arteaga (2010)

Aunque existan diferencias entre los componentes de enfoscados y revocos, la diferencia fundamental entre ambos es que el enfoscado suele emplearse como primera capa o base del revoco, con la finalidad de igualar las superficies irregulares del muro. A continuación, se muestra una tabla comparativa de las funciones de enfoscados y revocos.

Tabla 10. Funciones principales de enfoscado y revoco.

<b>Funciones</b>	<b>Enfoscados</b>	<b>Revocos</b>
Proteger el parámetro contra la humedad y las acciones mecánicas. (Golpes).	X	X
Igualar la superficie del soporte para servir de base a otro acabado.	X	
Mejorar el aspecto del paramento aumentando su planeidad y cualidad estética.	X	X

Fuente: Acabados en exteriores de Tejela y De Arteaga (2010).

Entonces se puede mencionar que los enfoscados y los revocos no se distinguen de forma sustancial en sus componentes sino en su empleo. En los acabados exteriores el enfoscado sirve de capa reguladora sobre la que se aplica un revoco.

#### **2.2.4.2. Componentes de enfoscados y revocos**

Como hemos indicado anteriormente, el componente de enfoscados y revocos es el mortero. Los verdaderos morteros, llamados morteros compuestos, son elaborados con arena, cemento y/o cal, y amasados con agua. También existen morteros simples que se fabrican con un aglomerante y agua, prescindiendo de la arena, pero no se suelen utilizar para cubrir paramentos exteriores.

Existe una gran variedad de morteros en función de sus componentes y sus usos.

Tabla 11. Tipos de morteros según sus componentes

Funciones	Componentes	Tipos
<b>Mortero de cal</b>	Cal + arena + agua	Morteros de cal aérea. Morteros de cal hidráulica.
<b>Morteros de cemento</b>	Cal + arena + agua	Morteros de fraguado lento (entre 10 y 15 días). Morteros de cemento pórtland.
<b>Morteros bastardos*</b>	Cemento + cal + arena + agua	

\* (Por su resistencia y estabilidad a los agentes atmosféricos tienen mejores cualidades que los morteros de cal simples, pero peores que los de cemento).

Fuente: Acabados en exteriores de Tejela y De Arteaga (2010)

### 2.2.5. Agua

Para la NTP E. 060 el agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable. Se podrán utilizar aguas no potables sólo si:

- a) Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.
- b) La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.
- c) Los cubos de mortero para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable.

Las sales u otras sustancias nocivas presentes en los agregados y aditivos deberán sumarse a las que pueda aportar el agua de mezclado para evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes.

No se utilizará en el curado del concreto ni en el lavado del equipo, aquellas aguas que no cumplan con los requisitos anteriores. (pág.31)

Para Tejela y de Arteaga (2010) el agua es necesaria para amasar el mortero. No debe contener sustancias perjudiciales, ya que alteran el proceso de fraguado del mortero y hacen disminuir con el tiempo sus propiedades. En general, servirán todas las aguas que por sus características físicas o químicas sean potables.

En cualquier caso, si existe duda sobre su bondad, procederemos a analizarla y comprobar si los resultados del análisis se encuentran entre los valores que a continuación se detallan.

Tabla 12. Propiedades del agua para la ejecución del mortero

<b>Composición del agua válida para morteros</b>	
<b>PH</b>	> 5
<b>Sustancias disueltas</b>	< 15 g/l
<b>Sulfatos</b>	< 1 g/l
<b>Sustancias orgánicas solubles en éter</b>	< 15 g/l
<b>Cloro</b>	< 6 g/l

Fuente: Acabados en exteriores de Tejela y De Arteaga (2010)

### 2.3. Definición de términos

#### a) Mortero

En su definición de términos la Norma Técnica Peruana E.070, conceptualiza al mortero como un material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería. Además, menciona que el mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y

agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610. (pág.02).

Levy (2002) se refiere al mortero como el agente de unión que mantiene unidas todas las unidades de mampostería. La resistencia de la unión es el elemento crucial que difiere de su concreto relativo cercano, donde la resistencia a la compresión es la propiedad física más importante. (pág.77).

Para el Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (2007), los morteros son una mezcla de cemento, arena, agua y en algunos casos, cuando es requerido, aditivos; estos deberán tener según norma local, una resistencia a los 28 días de 175 kg/cm<sup>2</sup>.

Para Frederick y Ricketts, (2000), en la sección 4.16 conceptualiza a los morteros como los compuestos de un material cementoso, agregado fino, arena y agua. Se utilizan para mampostería de unidades de cama, para enlucidos y estucos, y con la adición de agregado grueso, para hormigón. Las propiedades de los morteros varían mucho, dependiendo de las propiedades del material cementoso utilizado, relación de material cementoso a arena, características y clasificación de la arena, y proporción de agua a sólidos.

De manera similar Venkateswara y Vishnukanth (2018), el término mortero lo usan para indicar una pasta preparada agregando la cantidad requerida de agua a una mezcla de material aglutinante como cemento o cal y agregados finos como arena. Los dos componentes del mortero, a saber, el material aglutinante y los agregados finos a veces se denominan matriz, la durabilidad, calidad y resistencia del mortero dependerá principalmente de la cantidad y calidad de la matriz. El efecto combinado de los dos componentes del mortero es que la masa puede unir firmemente los ladrillos o las piedras.

b) Cemento Portland

Para Aquehua y Sucasaca (2017), en la tesis denominado "Estudio de los morteros de la portada principal de la catedral del cusco" para optar el grado de ingeniero civil conceptualiza el cemento pórtland como un aglomerante hidráulico por excelencia, el producto resultante de la pulverización muy fina de clinkers obtenidos calcinando a fusión incipiente una mezcla rigurosamente homogénea de materiales calcáreos y arcillosos. (pág. 15)

Para Course Code (2003), el cemento es un aglutinante, una sustancia que se endurece y endurece y puede unir otros materiales. Los cementos utilizados en la construcción pueden caracterizarse como hidráulicos o no hidráulicos, dependiendo de la capacidad del cemento para ser utilizado en presencia de agua. El cemento no hidráulico no se fraguará en condiciones húmedas o bajo el agua, sino que se fraguará a medida que se seque y reaccione con dióxido de carbono en el aire. Puede ser atacado por algunos productos químicos agresivos después del fraguado. (pág.35)

La NTP E.060, define al cemento como un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. Y el Cemento Portland, producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total, siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. (pág.26)

c) Los agregados

Gómez (2017), entiende por agregados a “una colección de partículas de diversos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza, ya sea en forma de finos, arenas y gravas o como resultado de la trituración de rocas”.(pág.63)

d) Áridos

Rodríguez, (2003), conceptualiza a los áridos que forman parte de morteros como materiales granulares inorgánicos de tamaño variable. Su naturaleza se define como inerte ya que por sí solos no deben actuar químicamente frente a los componentes del cemento o frente a agentes externos (aire, agua, hielo, etc.). Sin embargo, sí influyen de forma determinante en las propiedades físicas del mortero, al unirse a un conglomerante. En general, no son aceptables áridos que contengan sulfurooxidables, silicatos inestables o componentes de hierro igualmente inestables. (pág.22)

En la tesis “Mejoramiento de la resistencia de un Concreto  $F'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>, sustituyendo el 10% de arena gruesa por polvo de roca granito de la cantera de Talambo en la ciudad de Chepén – La Libertad”, hecha por Díaz y Rodríguez (2019), para optar el grado académico de bachiller conceptualizan a los agregados como parte del concreto, por tener partículas embebidas dentro de la pasta de cemento con agua en la elaboración del concreto. Son materiales inertes producto de la desintegración natural de rocas o al ser sometidas a la trituración de las mismas, ocupando aproximadamente del 60 % al 75 % del volumen de la unidad cubica de concreto. Las arenas manufacturadas, no empleadas en el Perú, y la piedra partida son productos de la trituración de piedras naturales, las cuales deben estar libres de suciedad, ser durables, y no deben tener sustancias que reaccionen químicamente con el cemento. (pág.38)

En otra tesis denominado “Efecto del mortero Epóxico en la resistencia de concretos de diferente edad” de Astocho (2017), define al agregado como aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto.

En el Reglamento Nacional de Edificación NTP E.060 conceptualiza al agregado como un material granular, de origen natural o artificial, como

arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

La norma de concreto E. 060, recomienda que en ciertas circunstancias agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo, debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto. (pág. 26)

e) Agregado fino

Díaz y Rodríguez, (2019) en su tesis “Mejoramiento de la resistencia de un Concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, sustituyendo el 10% de arena gruesa por polvo de roca granito de la cantera de Talambo en la ciudad de Chepen – La Libertad”, para optar el grado académico de bachiller, conceptualiza a los agregados como formas de las partículas redondas y la textura lisa se han encontrado para requerir menos agua en el mezclado de concreto, por esta razón es preferible en concretos de alta resistencia. Habitualmente el agregado fino causa un efecto mayor en las proporciones de la mezcla que el agregado grueso. Los primeros tienen una mayor superficie específica y como la pasta tiene que recubrir todas las superficies de los agregados, el requerimiento de pasta en la mezcla se verá afectado por la proporción en que se incluyan estos.

El agregado fino es la arena natural proveniente de canteras aluviales o de arena producida artificialmente. Sus partículas tienen una forma generalmente cúbica o esférica y razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas. La arena natural es constituida por fragmentos de roca limpios, duros, compactos, durables. (pág.39)

Y la NTP E.060, conceptualiza como un agregado proveniente de la desintegración natural o artificial que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8"). (pág.25)

En la tesis de Astocho, (2017) en su tesis para optar el grado académico de ingeniero civil titulado “Efecto del mortero epóxico en la resistencia de concretos de diferente edad” conceptualiza al agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8” y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas. El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

f) Arena

El Reglamento Nacional de Edificación NTP E.060 conceptualiza a la arena como un agregado fino, proveniente de la desintegración natural de las rocas. (pág.26)

g) Agua

Para Díaz y Rodríguez en su tesis denominado “Mejoramiento de la resistencia de un Concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , sustituyendo el 10% de arena gruesa por polvo de roca granito de la cantera de Talambo en la ciudad de Chepen – La Libertad”, para optar el grado académico de ingeniero civil, mencionan sobre el agua que se le conoce también como agua dulce, contiene una cantidad mínima de sales disueltas (a diferencia del agua de mar, que es salada). A través de un proceso de potabilización, los humanos logran transformar el agua dulce en agua potable, es decir, apta para el consumo gracias al valor equilibrado de sus minerales.

El agua empleada en la preparación del concreto debe cumplir con los requisitos según la Norma NTP 339.088 y de preferencia ser potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse. (pág.40)

h) Granulometría

Para Gómez (2017), la granulometría de los agregados se refiere a la distribución de tamaño de las partículas, generalmente son de interés en esa

distribución el tamaño máximo permisible y el tamaño mínimo permisible, sin embargo, existen aplicaciones en las cuales se puede preferir un cierto tamaño uniforme en las partículas. (pág.64).

i) Curado del mortero

Olmo (1994), Menciona que los morteros de cemento, no conviene olvidarlo, necesitan agua para que el conglomerante desarrolle las reacciones de hidratación que dan lugar a los fenómenos de fraguado y endurecimiento del material, por lo que el mortero deberá ser regado, sobre todo en condiciones de fuerte insolación y/o viento seco, para evitar una pérdida de humedad (deseccación) prematura. (pág.68).

j) Revoco

Para Tolchinsky, E y Gonzales, J. (2016), es también llamado revoque grueso, tiene la misión principal de suministrar una superficie absolutamente plana y lisa como base para la terminación final, disimulando totalmente cualquier imperfección en el paramento de albañilería: huecos, juntas salientes, desplomes, etc. La correcta ejecución del jaharro es muy importante, como que de ella depende lo que podríamos llamar forma geométrica del paramento. El espesor mínimo del revoque grueso debe estar en los quince milímetros en el punto de menor recubrimiento: si la superficie se encuentra desnivelada, el espesor resultaría excesivo y podrían producirse grietas.

k) Enlucido

De manera similar Tolchinsky, E y Gonzales, J. (2016) al enlucido lo denominan revoque fino, y tiene la finalidad de suministrar una superficie de textura suave para las pinturas y revestimientos. Su espesor es de aproximadamente 5mm constante en toda la superficie. Esta capa no puede corregir imperfecciones en la ejecución del muro o el revoque grueso. El enlucido de paredes será siempre posterior al enlucido de cielos rasos. (pág.02)

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El mortero de piedra Checco influirá significativamente como material de acabado.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- El mortero de piedra Checco influirá significativamente en la adherencia como material de acabado.
- El mortero piedra Checco influirá significativamente en el enlucido como material de acabado.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

Mortero Checco

#### **2.5.1.1. Dimensiones**

- Granulometría

### **2.5.2. Variable dependiente**

Material de acabado

#### **2.5.2.1. Dimensiones**

- Adherencia

Está relacionada con la consistencia, la cual se refiere al estado de fluidez del mortero, es decir que tan dura (seca) o blanda (fluida) es la mezcla cuando se encuentra en estado plástico. En general, se acepta como medida de la manejabilidad, el valor de fluidez de la mezcla obtenido en la mesa de flujo de acuerdo a la norma ASTM C-230.

- Enlucido

Tolchinsky, E y Gonzales, J. (2016), al enlucido es el revoque fino, y tiene la finalidad de suministrar una superficie de textura suave para las pinturas y revestimientos. Su espesor es de aproximadamente 5mm constante en toda la superficie. (pág.02)

## 2.6. Operacionalización de variables

Tabla 13. Operacionalización de variables

VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	SECTOR A MEDIR
<b>INDEPENDIENTE</b>	Mortero Checco	Granulometría	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño máximo</li> <li>• Módulo de finura</li> <li>• Contenido de Humedad</li> <li>• Absorción</li> <li>• Peso específico</li> </ul>	Gradación del agregado fino
			<b>DEPENDIENTE</b>	Material de Acabado
Enlucido	Ensayo de asentamiento NTP 339.035	Consistencia del mortero		

Fuente: Elaboración propia



## **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Ámbito temporal y espacial**

El ámbito temporal

- La citada tesis estuvo delimitada temporalmente en el año 2019, en ese tiempo se realizó la citada investigación.

El ámbito espacial

- La citada tesis estuvo delimitada espacialmente dentro de la jurisdicción del distrito de Paucará, provincia y departamento de Huancavelica.
- Así mismo, los ensayos del mortero de piedra Checco se ejecutó en el laboratorio de ensayos de materiales y concreto de la EPICH (Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica), de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Como señala Alfaro (2012), en su informe final de investigación titulada Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería:

Consiste en marcar un perímetro del estudio relacionado con el problema de investigación, es decir, debe garantizar que el investigador delimite un espacio territorial, ámbito espacial, así como, delimitar un cierto periodo de tiempo, ámbito temporal; por consiguiente, el primero expresa el lugar donde se realizará la investigación tomando en cuenta el nombre o distinción del lugar, por ejemplo, centro poblado, distrito, provincia, departamento,

etc; y en cuanto al segundo, se refiere al determinado tiempo que tomará llevar a cabo la investigación, vinculado a hechos, fenómenos de la realidad, pudiendo estar desarrollados en unos, dos o más años.

### **3.2. Tipo de investigación**

El citado proyecto de investigación remonta los lineamientos de la investigación del tipo aplicada ya que va más allá de lo semántico, sin embargo, se tuvo antecedentes a normas, métodos, teorías y trabajos de investigación, además de toda información básica que se asemeje al citado proyecto de investigación. Ello quiere decir que se tomó como garantía a la teoría con respecto a la realidad, ya que se estudió la influencia del mortero de piedra Checco en la adherencia y lucidez de acabados, para ello era necesario tomar en cuenta lo antes señalado, para dar fidelidad al estudio.

En mención a Behar (2008):

Señala que a este tipo de investigación también se le atribuye las denominaciones de práctica, activa o dinámica, ya que esta se fundamenta en conocimientos adquiridos y el resultado está enmarcado en el grado de desarrollo de este, por consiguiente, crea un vínculo que compara la teoría con la realidad y esto hace que se aplique inmediatamente sin la necesidad de tomar en cuenta el desarrollo de teorías. (pág. 20)

Por otro lado, Pacheco y Cruz (2006):

Asignan la nomenclatura de conocimiento tecnológico a este tipo de investigación, aproximando que innova y a la vez dota de invención a las herramientas e instrumentos el cual beneficia al trabajo humano basado en la sapiencia básica, originado así el conocimiento tecnológico, este último constaría de dos partes; el intangible que abarca todo aquel dispositivo, herramienta o máquina y el intangible, que abarca la sapiencia necesaria para poder operar la parte tangible, de manera que se convierte en una ciencia que va aplicándose. (pp 30-31)

### **3.3. Nivel de investigación**

El citado proyecto de investigación constituyó un nivel de investigación del tipo explicativo, en cuanto este se realizó de manera estructurada, de tal forma que dotó de sentido consecuente al objeto de referencia o al objeto a estudiado, es decir, se estudió la influencia del mortero de Piedra Checco como material de acabado, buscando así responder o hallar la causa de este fenómeno físico, sin embargo, no solo se respondió las condiciones con la que se manifiesta ya que la citada investigación va más allá y aterrizó en la explicación del mencionado análisis, más no solo en la simple descripción del objeto de estudio.

Como mencionan Hernández, Fernández y Baptista (2010), en su texto Metodología de la investigación que: “el nivel de investigación del tipo explicativo establece un vínculo de causa – efecto de los eventos o fenómenos físicos o sociales, de tal manera que este se centra en explicar la ocurrencia de un fenómeno y muchas veces su relación con las variables de estudio”. (pp.83-84)

Además, Behar (2008), indica en su libro Metodología de la investigación lo siguiente:

Este nivel de investigación relaciona las causas y razones que originan los fenómenos, aterrizando en la explicación del por qué sucede dicho fenómeno y las condiciones con las que se encuentra, de manera que corrobore y compruebe la veracidad de la hipótesis causal, mediante gran capacidad analítica e interpretación, con sus resultados que deberán pronunciar hechos verídicos.

### **3.4. Método de investigación**

En la presente investigación se validó con un método general siendo el método científico, así mismo, se empleó un método específico valiéndose del método experimental.

Como afirma Niño (2011), en su libro Metodología de la investigación. Diseño y ejecución. “viene a ser un conglomerado de procedimientos sistematizados

para dar solución a un determinado problema, con la finalidad de dar fidelidad a lo real de una sapiencia, aplicando en ello técnicas e instrumentos para salvaguardar la investigación. (pág. 26)

Por otra parte Behar (2008), en su texto Metodología de la investigación refiere que:

El método experimental dio más resultados, siendo el que aplica un conjunto de conocimientos racionales, a priori emplea la inspección del problema siendo sensorial; de tal manera que se elabora la hipótesis inconcreta y se esquematiza el experimento, realizando una réplica al estudio, controlando el fenómeno para dar fidelidad de validez a las hipótesis. (pág. 47)

### **3.5. Diseño de investigación**

Para la citada tesis se utilizó el diseño de investigación de tipo cuasi experimental con post test y grupos intactos, en el que se manipuló la variable independiente, mortero de piedra Checco, en efecto para la variable dependiente, como material de acabado. Ya que las agrupaciones de estos serán al azar.

En validación a lo mencionado Hernández, Fernández y Baptista (2010), en su texto Metodología de la investigación detallaron:

Estos diseños cuasi experimentales manipulan voluntariamente a la variable independiente en relación y efecto para la variable dependiente, diferenciándose de los diseños puros en la certeza de confianza de la comparación a priori de los grupos, siendo estos últimos conformados antes del experimento por lo que son intactos y no agrupados al azar. (pág. 148)

Por otro lado Gonzales, Oseda, Ramírez y Gave (2011), en su libro ¿Cómo aprender y enseñar investigación científica?, mencionan:

Los diseños cuasi experimentales son muy semejantes a los diseños experimentales, diferenciándose a este último por no estar agrupados aleatoriamente, en cuanto al primero, esta emplea dos grupos en el que uno de ellos recibe el tratamiento experimental y el otro no, seguidamente, en el post test se realiza la comparación de la fidelidad del efecto producido por

el tratamiento experimental en referencia a la variable dependiente. (pág. 216)

El esquema que emplea el diseño cuasi experimental con post test y grupos intactos es:

$$\begin{array}{ccc} GE & X & 0_1 \\ GC & & 0_2 \end{array}$$

Donde:

GE : grupo experimental,

GC : grupo control,

$0_1$  y  $0_2$  : mediciones del post test,

X : manipulación o desarrollo de la variable independiente.

### 3.6. Población, muestra y muestreo

#### 3.6.1. Población

Referida así al colectivo de unidades de investigación que esta netamente vinculado con el problema de la presente investigación, siendo muy necesario identificar dicho colectivo dentro de un determinado ámbito de estudio, para este caso las canteras del distrito de Paucará, vale precisar, que este último es la población que se estudió en la presente investigación.

Como señala Alfaro (2012), en su texto Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería “viene a ser el acumulado de las unidades de estudio pertenecientes a un determinado ámbito de estudio donde se estima la investigación”. (pág. 52)

Por otra parte Niño (2011), en su libro Metodología de la investigación, diseño y ejecución:

Para realizar la investigación es ineludible precisar el objeto de estudio, reconociendo y delimitando la población a donde pertenece, en tiempo y lugar; además, está constituida por un conglomerado de elementos que pueden ser personas, animales, cosa, hechos, fenómenos, localidades, etcétera; por ejemplo, se considera

población a docentes, estudiantes, seres invertebrados, distritos, etcétera. (pág. 55)

### **3.6.2. Muestra**

En la presente investigación no será posible abordar el total del colectivo de unidades de estudio de la población delimitada, por lo que se procede a tomar una cierta cantidad de unidades de estudio, para el caso de una cantera representativa, de las cuales se extraerá la piedra Checco de diferentes prospecciones.

Además, para la citada tesis se elaboró 20 testigos de mortero para acabados, de los cuales 15 serán netamente para el grupo experimental y 5 serán netamente para el grupo control.

Como menciona (Niño, 2011), en su libro Metodología de la investigación, diseño y ejecución:

La muestra viene a ser una porción de la población, por ejemplo, una porción de granos de arroz representativa de toda una cosecha, un libro representativo de un total de edición, etcétera; esta partición se realiza con la finalidad de estudiar o cuantificar con mayor exactitud las características o facciones de un total de colectivo o población, sin que pierdan su esencia. (pp. 55-56)

Por otra parte Behar (2008), señala algo similar en su libro Metodología de la investigación: “La muestra no es más que un subconjunto de una población definida, ya que se busca cuantificar la población por lo que se obtendrá un reflejo fiel de esta, que en esencia conserva su naturaleza”. (pág. 51)

### **3.6.3. Muestreo**

Se trató con el muestreo no probabilístico del tipo muestreo por conveniencia o intencionado.

Es así que los investigadores basados en su sano juicio seleccionaron la muestra, piedra Checco, en el cual se obtuvo el cuidado y se llevó un control de selección de esta, tomando en cuenta las facciones que se describieron y relataron en apartados anteriores y más aún en el

planteamiento del problema, se ejecutaron esta modalidad de selección muestral debido a que es muy complejo y casi imposible cuantificar las piedras Checco en las canteras y aplicar un campo matemático a estas. Como menciona Niño (2011), en su texto Metodología de la investigación, diseño y ejecución:

La técnica de muestreo no probabilístico dota de clara intención de selección precisando la representación de una población, no obstante, estas pueden tener errores de acuerdo al caso que se tenga; además, de los tipos que se tiene se puede resaltar al muestreo por conveniencia en el que se puede atribuir que muestra es el más eficaz para el estudio. (pág. 57)

Por otro lado Behar (2008), en su libro Metodología de la investigación relata que:

En el tipo de muestreo intencionado, también es conocido como sesgado, el investigador se basará en su sano juicio para seleccionar las unidades representativas para la muestra, para ello requiere de conocimientos previos. (pág. 53)

### **3.7. Instrumento y técnica de recolección de datos**

#### **3.7.1. Instrumento de evaluación**

Los instrumentos de evaluación estuvieron vinculados a las técnicas de recolección de datos, en su mayoría fueron instrumentos que cuenta el laboratorio de ensayos de materiales y concreto de la EPICH (Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica), de la Universidad Nacional de Huancavelica. Siendo los prioritarios, equipo de esfuerzos axiales para probetas de concreto, balanzas, pistones, cuaderno de apuntes, fichas de observación y control de laboratorio, fichas de ensayos, resúmenes bibliográficos, entre otros. Estos nos ayudaron a recolectar todos los datos que requería la investigación, de esta manera dimos fidelidad a los objetivos, medimos la variable independiente y validamos la hipótesis.

Como menciona Behar (2008), en su texto Metodología de la investigación:

Los instrumentos construyen el camino de hallar los datos de la realidad y posteriormente se realiza el procesamiento de datos, cabe mencionar que estos instrumentos pretenden responder los indicadores de la investigación y, solo se empleara los que se requieren para esta. (pág. 69)

Además es importante resaltar el postulado de Niño (2011), en su libro Metodología de la investigación, diseño y ejecución:

Los instrumentos tiene como raíz la finalidad de su empleo, para ello se puede entender que son cualquier recurso para recolectar y plasmar la información netamente ligada a la realidad estudiada, es decir, su finalidad es recolectar datos de tal manera que se verifique el resultado de los objetivos, la medición de las variables y la fidelidad de la hipótesis; para tal caso, estos cuentan con dos condiciones: la confiabilidad, exigencia básica que garantiza la exactitud de la información y, la validez, facción del instrumento que mide la variable que se manipula. (pág. 87)

### **3.7.2. Técnica de evaluación**

Como señaló Behar (2008), en su libro Metodología de la investigación, “Las técnicas dan celeridad al procedimiento a seguir en la investigación en relación al problema formulado, siendo distinta para cada tipo de investigación contando con sus propias técnicas e instrumentos a usar”. (pág. 55)

Las técnicas a emplear en la investigación fueron:

Observación indirecta e indirecta: mediante la inspección se registró facciones del concreto en estado plástico, así mismo, se tomó nota de la fuerza axial de las probetas en estado endurecido en base a un plan sincronizado y controlado.

De acuerdo con Gonzales, Oseda, Ramírez y Gave (2011), en su libro ¿Cómo aprender y enseñar investigación científica? Mencionan que “en la observación directa el investigador tiene un contacto personal con el

estudio; mientras que, la observación indirecta se pone a conocimiento por observaciones anteriores de terceros, validados en textos, revistas; etcétera, que visaron lo mismo que se observa”. (pág. 148)

Además, se utilizó las técnicas internacionales y nacionales, para el caso, las normas del ASTM (American Society for Testing and Materials), ACI (American Concrete Institute) y las normas NTP (Normas Técnicas peruanas), en cuanto a las principales para el presente estudio se tienen:

- análisis granulométrico para Agregado fino, grueso y global: ASTM C136 / NTP 400.012,
- contenido de humedad para Agregados: ASTM C566 / NTP 339.185,
- peso específico y absorción de Agregados: ASTM C127 - C128 / NTP 400.022,
- peso unitario del agregado (suelto y compactado): ASTM C 29/ C 29M/ NTP 400.017,
- diseño de mezcla de concreto con el método (American Concrete Institute) del comité 211, en adelante ACI 211.1,
- resistencia a compresión del concreto en muestras cilíndricas: ASTM C39/ NTP 339.034,
- método normalizado de resistencia a compresión e mortero de cemento hidráulico ASTM C 109/c 109M; entre otros.

### **3.8. Técnica y procesamiento de análisis de datos**

Como técnica se tuvo:

La estadística descriptiva o cuantitativa; en la cual se pudo obtener la distribución de las frecuencias, la medida de tendencia central, medidas de variabilidad, puntuaciones en Z y gráficas de las unidades de estudio, testigos de mortero de piedra Checco.

La estadística inferencial; se empleó basado en la distribución de muestras para estimar los parámetros y de validar la hipótesis, empleando un Diseño

Completamente Aleatorio (DCA), para los testigos de mortero de piedra Checco; en el cual se empleó el análisis paramétrico que comprende a su vez el análisis de varianza con la prueba “F” de Fisher que tasó la homogeneidad de las réplicas y la prueba estadística de Tukey que medió la confianza de las medias a un nivel de significancia del 5%.

Como procesamiento de análisis de datos, la presente investigación se ceñió a lo siguiente, no siendo imperativo:

- necesariamente se tuvo que emplear programas computacionales, pudiendo elegir entre SPSS, Minitab, RStudio, STATS o SAS. Como también hojas de cálculo,
- una vez seleccionado el programa con el cual se analizó los datos, se ejecutó, de tal manera que se analizó la variable mortero de piedra Checco, en cuanto a su adherencia, resistencia, y enlucido, trabajabilidad, asentamiento o esparcimiento,
- después de ello se efectuó la validez de los instrumentos escogidos mediante la fiabilidad del objetivo. De tal manera que se realizó el análisis descriptivo de las variables,
- seguidamente se tuvo que realizar el análisis de estadística inferencial respecto a la hipótesis planteada, para finalmente obtener los resultados de la investigación.

Como señala Niño (2011), en su referencia Metodología de la investigación, diseño y ejecución:

En primera instancia los fundamentos o datos obtenidos con las técnicas seleccionadas para la investigación son ordinarios, es decir, no tienen validez en base al objetivo y el problema en sí, sin embargo, para que estos puedan cobrar sentido en la investigación es primordial regirlos a un proceso de organización, análisis e interpretación, de tal manera de hallar su razón dentro de la investigación, ya que la información recolectada sin tratamiento no es investigación. Además, esta será la materia en bruto que logrará el objetivo y hallar una respuesta al problema planteado aterrizando en las conclusiones de la investigación. (pp. 98-99)

### 3.9. Esquema metodológico

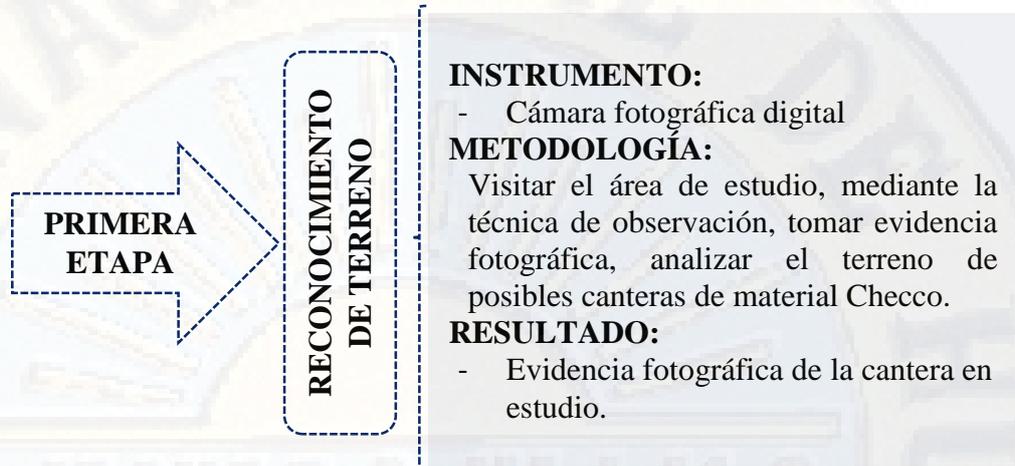


Figura 2. Primera etapa, reconocimiento de terreno (canteras)  
Fuente: elaboración propia

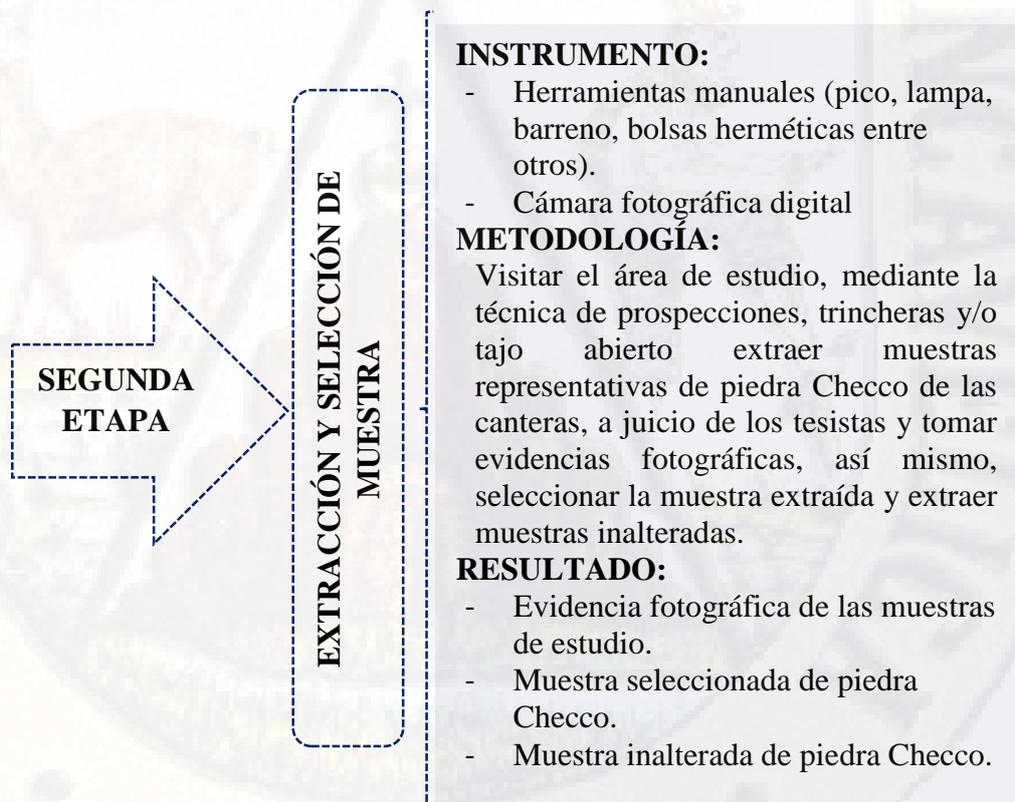


Figura 1. Segunda etapa, extracción y selección de muestra  
Fuente: elaboración propia

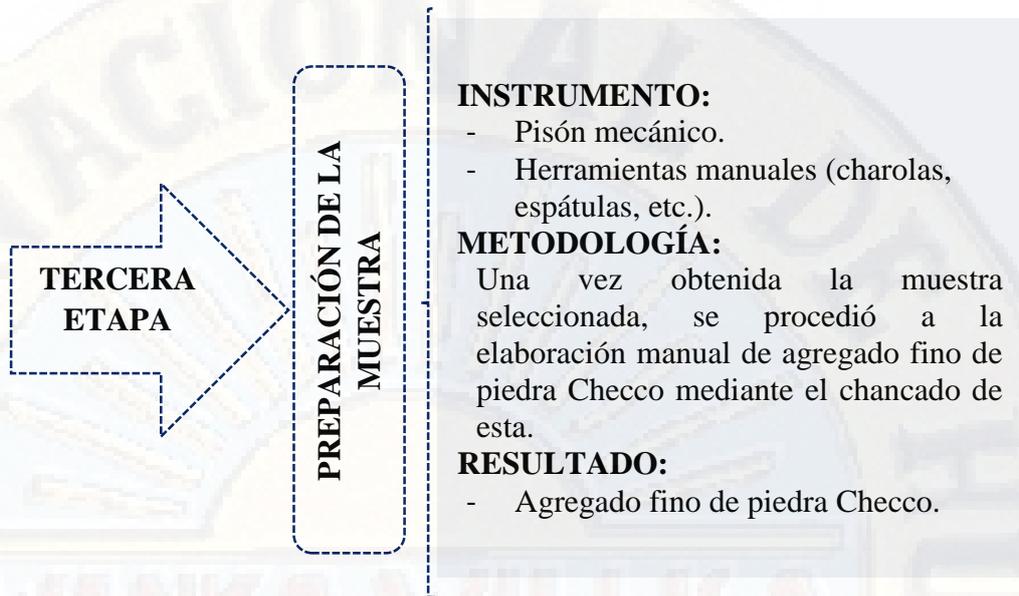


Figura 4. Tercera etapa, preparación de la muestra.  
Fuente: elaboración propia

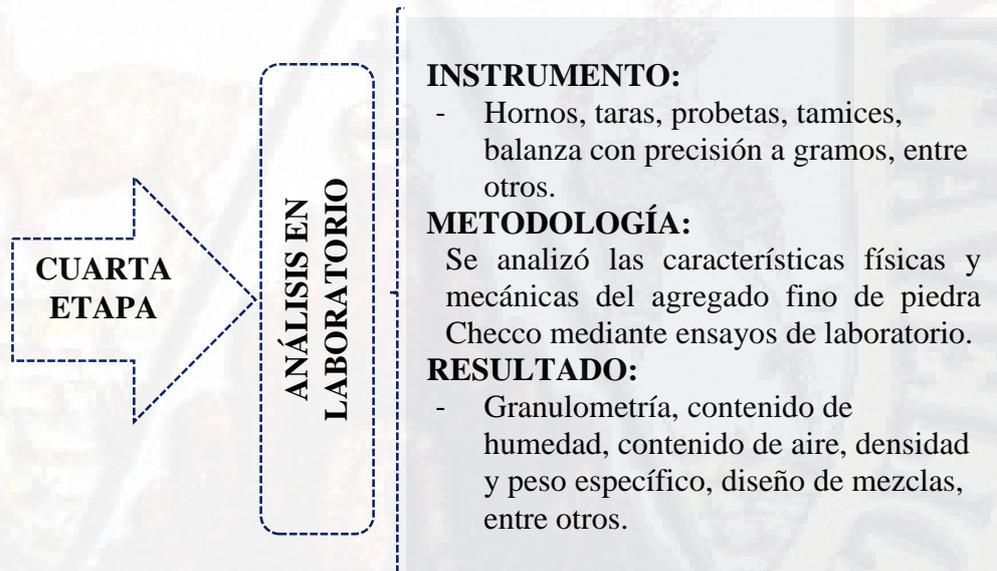


Figura 3. Cuarta etapa, análisis en laboratorio.  
Fuente: elaboración propia.

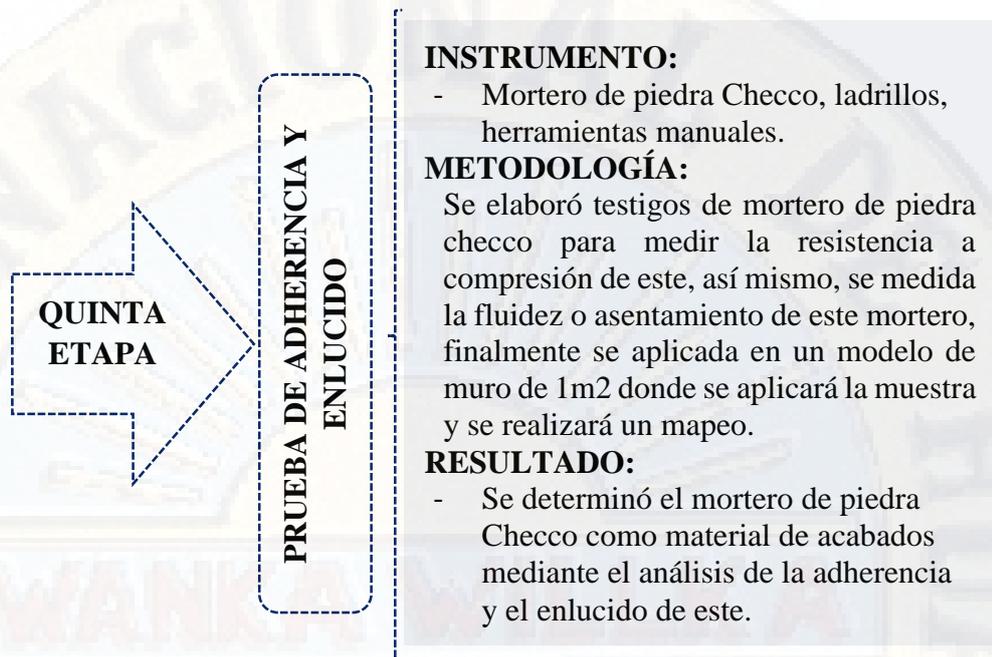


Figura 5: Quinta etapa, prueba de adherencia y enlucido.  
Fuente: elaboración propia

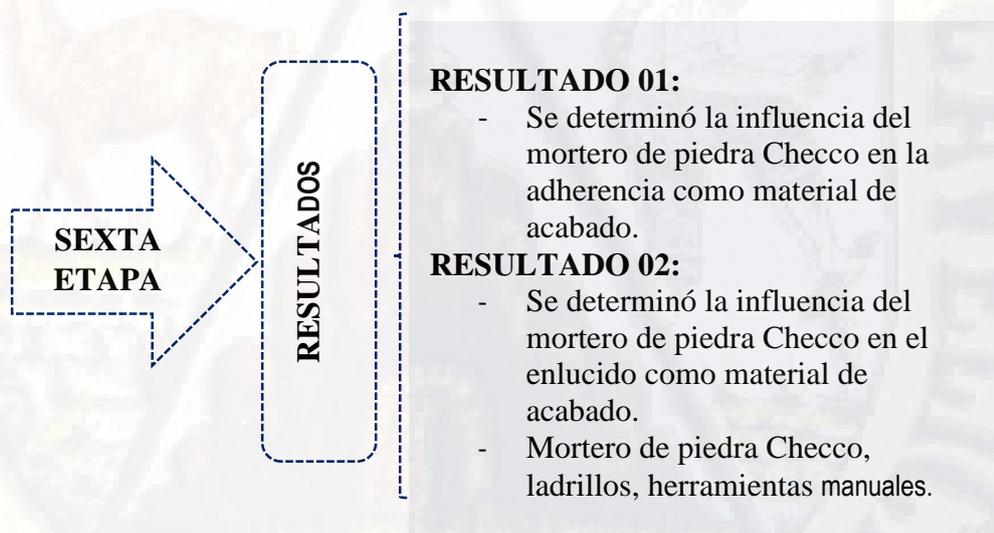
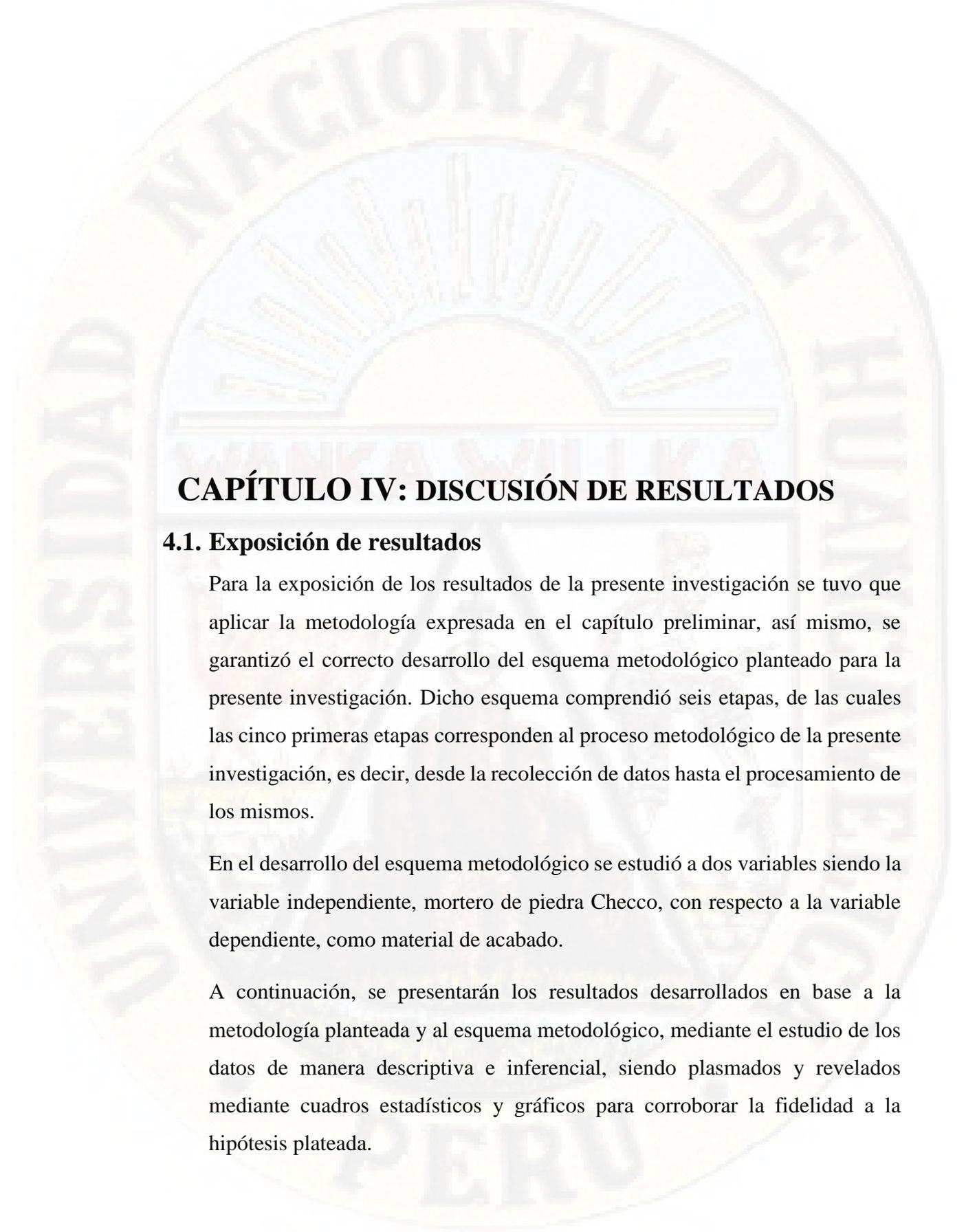


Figura 6: Sexta etapa, resultados.  
Fuente: elaboración propia



## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Exposición de resultados**

Para la exposición de los resultados de la presente investigación se tuvo que aplicar la metodología expresada en el capítulo preliminar, así mismo, se garantizó el correcto desarrollo del esquema metodológico planteado para la presente investigación. Dicho esquema comprendió seis etapas, de las cuales las cinco primeras etapas corresponden al proceso metodológico de la presente investigación, es decir, desde la recolección de datos hasta el procesamiento de los mismos.

En el desarrollo del esquema metodológico se estudió a dos variables siendo la variable independiente, mortero de piedra Checco, con respecto a la variable dependiente, como material de acabado.

A continuación, se presentarán los resultados desarrollados en base a la metodología planteada y al esquema metodológico, mediante el estudio de los datos de manera descriptiva e inferencial, siendo plasmados y revelados mediante cuadros estadísticos y gráficos para corroborar la fidelidad a la hipótesis planteada.

#### 4.1.1. Reconocimiento del terreno de los materiales

Como primera etapa se realizó el reconocimiento del terreno, de donde se extrajo los materiales, cuyo origen se encuentra en el distrito de Paucará, provincia de Acobamba y región de Huancavelica.

Además, en esta etapa se identificó las canteras a cielo abierto para la extracción de este material.

En la siguiente imagen se observa un mapa satelital del distrito de Paucará, lugar de donde proviene el material Checco.

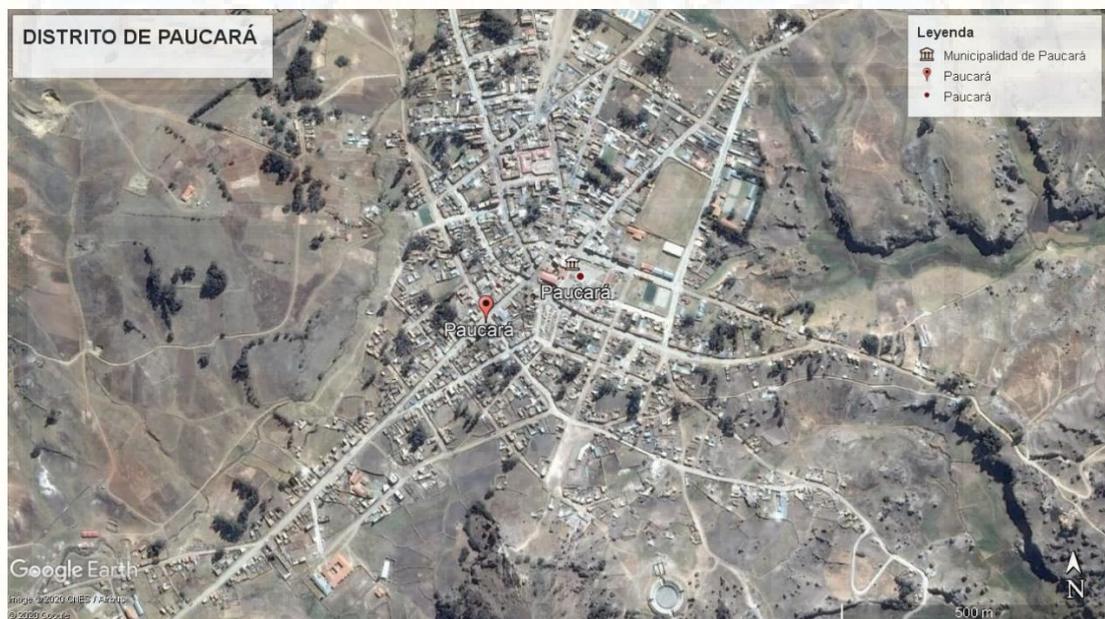


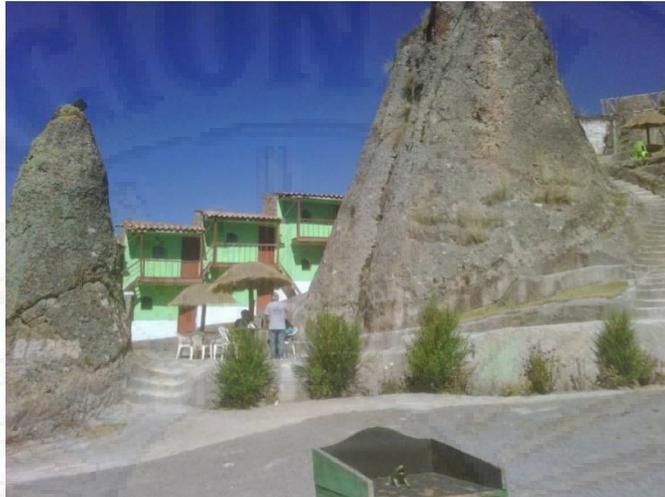
Figura 7. Ubicación del distrito de Paucará.  
Fuente: google earth pro (2020)

Como herramienta principal en esta primera etapa se consideró una cámara fotográfica digital.

En esta etapa se realizó la técnica de la observación del área en estudio, tomando fotografías del lugar.

Se pudo observar que el material se encuentra compactado en las primeras capas de la superficie del terreno, como también, hay bloques de este que están libres a la intemperie.

A continuación, se muestran las evidencias fotográficas tomadas del lugar de estudio.



Fotografía 1. Material Checco en el distrito de Paucará.

En la fotografía anterior se puede observar el material Checco en la ciudad del distrito de Paucará, siendo un material abundante en la zona, además, es utilizado de manera múltiple, por ejemplo, en la imagen se observa que este material se está usando como graderías de la plazuela.

#### **4.1.2. Extracción y selección de la muestra**

Después de aplicar la técnica de observación y de realizado el reconocimiento de la zona de extracción del material Checco. Se continuó con la siguiente etapa, la extracción del material Checco.

Las herramientas utilizadas en esta etapa fueron; palas, picos, bolsas herméticas, etc.

Para la extracción del material se realizó cinco prospecciones, de tal manera de contar con un material homogéneo. Se procedió con la limpieza del suelo orgánico y se extrajo el material a una profundidad de un metro, la material in situ es de naturaleza compacta, sin embargo, se pudo presenciar que el material es disgregable sin tanto esfuerzo.

Seguidamente se procedió con la preselección del material en bolsas plásticas, y una selección porción inalterada de 15 kilogramos para su ensayo en laboratorio de reconocimiento de material.

A continuación, se muestra la ilustración del proceso de esta etapa.



Fotografía 2. Cantera de material Checco en el distrito de Paucará.

En la fotografía anterior se puede observar que la extracción del material Checco se realizó de una cantera a tajo abierto, se observa además que este material también se puede encontrar en grandes bloques de material compacto, denominado piedra Checco, así mismo, la extracción de este material se realizó con la autorización de los pobladores del lugar de estudio.



Fotografía 3. Extracción del material Checco desintegrado al tacto.

En la fotografía anterior se puede observar el material Checco extraído, de aspecto grisáceo, con partículas semejantes a la arena convencional y disgregable al tacto, sin embargo, el material también puede presentarse en color anaranjado oscuro.

#### **4.1.3. Preparación de la muestra de los materiales**

Después de realizado la preselección del material Checco en campo, este se llevó a laboratorio para su preparación, el material Checco extraído fue trasladado en pequeños bloques, ya que en su estado natural se encontró compacto.

Las herramientas utilizadas en esta etapa fueron; pisón de mano mecánico, combas, tamiz N°04, charolas, espátulas, etc.

Se extrajo el material de los costalillos plásticos y se extendió sobre una plancha plástica impermeable, luego de ello se procedió al disgregamiento del material mediante el chancado de este sobre las charolas metálicas con los pisones de mano, una vez disgregados al mínimo, se procedió a pasar el material por el tamiz N°04, obtenido así el agregado fino de piedra Checco, este material fue almacenado nuevamente en los costalillos plásticos para su posterior uso.

A continuación, se muestra la ilustración del proceso de esta etapa.



Fotografía 4. Material Checco en condición de bolones compactos.

En la fotografía anterior se muestra el tendido del material Checco para su respectivo preparado, se puede observar que el material se encuentra en bloques reducidos y compactos.



Fotografía 5. Disgregación inicial del material Checco.

En la fotografía anterior se muestra la disgregación inicial del material Checco mediante el apisonado con combas, además, se muestra el acompañamiento del asesor de tesis.



Fotografía 6. Disgregado por chancado con pisón mecánico del material Checco.

En la fotografía anterior se observa el preparado del agregado fino de material Checco, que consistió en disgregar el material mediante chancado simple con la ayuda del pisón de mano y un rodillo metálico.



Fotografía 7. Zarandeo del material Checco disgregado por el tamiz N°04.

En la fotografía anterior se observa el tamizado del material Checco disgregado, del cual se obtiene el agregado fino de material Checco.

#### **4.1.4. Análisis en laboratorio de los materiales**

Para la elaboración de los acabados de la presente investigación se empleó dos tipos de agregados finos: arena fina y agregado de piedra Checco, para lo cual se realizaron los ensayos de laboratorio que se describirán a continuación.

##### **4.1.4.1. Agregado fino y muestra de material Checco**

Se utilizó el agregado fino y el agregado de piedra Checco en estado natural de las canteras del río Ichu y la cantera Paucará, los cuales fueron estudiados en el laboratorio de suelos y concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Huancavelica, además de los análisis químicos del agregado de piedra Checco se realizaron en la Universidad Nacional de Ingeniería.

##### **a) Contenido de humedad de los materiales**

Como principal normativa se tomó la Norma Técnica Peruana 339.185 (2013), mediante el cual mencionan que los materiales a analizar que se encuentran en la intemperie, contienen cierto

grado de humedad, para lo cual es necesario determinar dicho contenido de humedad y así determinar si el material en estudio aporta en cierto grado agua o si en todo caso requiere más de éste elemento para realizar la mezcla óptima para el estudio.

En el presente estudio, las muestras analizadas se extrajeron de un banco de material que se encuentran al aire libre, tanto del material Checco y la arena fina, para los cuales se prepararon en bandejas para cada muestra y se hizo secar al horno por 24 horas, para luego realizar el pesado de las muestras ingresadas y muestras secadas al horno.

Los materiales, equipos y herramientas utilizadas se describen a continuación:

- arena fina,
- muestra de material Checco,
- balanza electrónica con precisión en gramos,
- horno electrónico,
- cucharas y espátulas.

El procedimiento del ensayo se muestra y se describe a continuación:

- se procedió con el ensayo seleccionando los agregados finos, arena fina y agregado e piedra Checco, para después proseguir con el respectivo proceso. Estos materiales se ilustran a continuación.



Fotografía 8. Muestras de material Checco.

En la fotografía anterior se observa el material Checco, preparado en la bandeja del cual se extraerá una porción para ser ensayada, dicha muestra contiene las características naturales de cómo se extrajo.



Fotografía 9. Muestra de arena fina.

En la fotografía anterior se presenta la muestra de arena fina, del cual se extraerá una porción para ser ensayada.

- Seguidamente se registra el peso de las muestras, arena fina y agregado de piedra Checco y se prosigue a secarlos en el horno eléctrico. A continuación, se ilustra este procedimiento.

En las dos siguientes fotografías se muestran las muestras ingresadas al horno para el respectivo ensayo.



Fotografía 10. Secado al horno del material Checco.



Fotografía 11. Secado al horno de la arena fina.

- Transcurrido el tiempo estimado, 24 horas de secado al horno de ambas muestras, se vuelve a pesar las respectivas muestras para determinar el contenido de humedad que poseen estas.



Fotografía 12. Peso seco del material Checco.



Fotografía 13. Peso seco de la arena fina.

Los resultados del contenido de humedad se describen a continuación.

Tabla 14. Resultado del contenido de humedad del material Checco.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	CONTENIDO DE HUMEDAD	<b>TESIS: 'INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO'</b>
	LICENCIADA POR SUNEDU		
LABORATORIO: MECÁNICA DE SUELOS-INGENIERÍA CIVIL-UNH		ENSAYADO POR: RRLA/QMA	
ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (CHECCO)			
$P = \frac{\text{peso del material humedo} - \text{peso del material seco}}{\text{peso del material seco}} \times 100$			
DATOS			
Peso de la tara (gr)	83.65		
Peso de la tara + Checco humeda (gr)	675.85		
Peso de la tara + Checco seca (gr)	607.64		
Peso del Checco humeda (gr)	592.2		
Peso del Checco seca (gr)	520.63		
Peso de agua contenida (gr)	71.57		
Contenido de humedad (%)	13.75		

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se observa que el material Checco contiene un 13.75% de agua.

Tabla 15. Resultado del contenido de humedad de la arena fina.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NTP 339.185 (ASTM C-566)	<b>TESIS: "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"</b>
	LICENCIADA POR SUNEDU		
LABORATORIO: MECANICA DE SUELOS-INGENIERIA CIVIL-UNH		ENSAYADO POR: RRLA/QMA	
ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (ARENA FINA)			
$P = \frac{\text{peso del material humedo} - \text{peso del material seco}}{\text{peso del material seco}} \times 100$			
DATOS		RESULTADO	
Peso de la tara (gr)		82.67	
Peso de la tara + arena fina humeda (gr)		680.37	
Peso de la tara + arena fina seca (gr)		605.34	
Peso de la arena fina humeda (gr)		597.70	
Peso de la arena fina seca (gr)		522.67	
Peso de agua contenida (gr)		75.03	
Contenido de humedad (%)=			

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se observa que la arena fina contiene un 14.36% de agua.

## **b) Granulometría de los materiales**

Como principal normativa se tomó la Norma Técnica Peruana NTP 400.012 (2018), en donde nos menciona que; con una muestra seca y de masa conocida, se va retrayendo el material por una serie de tamices normados, que van de mayor a menor, de esta manera se conocerá la distribución granulométrica de las partículas de la muestra, además, se conocerá el módulo de finura y tamaño máximo nominal.

Para efectos de estudio, en la presente investigación se empleó muestras de bancos de materiales a la intemperie, tanto del material Checco y la arena fina.

Los materiales, equipos y herramientas utilizadas se describen a continuación:

- arena fina,
- agregado de piedra Checco,
- tamices normados,
- balanza electrónica,
- pisón de mano,
- taras, palas, cucharas, etc.

El procedimiento del ensayo se muestra y se describe a continuación:

Con la masa secada al horno luego de 24 horas, se da una selección del material con el respectivo cuarteo, seguidamente se pesó los materiales y se procedió a cribarlos, mediante los tamices normados por la NTP 400.012, por un lapso de tiempo de 5 minutos, después de ello se va registrando cada masa retenida en los tamices.



Fotografía 14. Cuarteo del material Checco.

En la fotografía anterior se observa el cuarteo del material Checco, el cual es necesario para obtener resultados muy representativos del cribado.



Fotografía 15. Cuarteo de la arena fina.

En la fotografía anterior se observa el cuarteo de la arena fina, el cual es necesario para obtener resultados muy representativos del cribado.



Fotografía 16. Tamizado del material Checco.



Fotografía 17. Peso de la masa retenida en los tamices del material Checco.



Fotografía 18. Peso de la masa retenida en los tamices de la arena fina.

Los resultados del ensayo de la granulometría de los agregados se describen a continuación.

Tabla 16. Resultado del análisis granulométrico del material Checco.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA		GRANULOMETRÍA ( MASA CORREGIDA Y PROMEDIO )		TESIS: "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"	
		LICENCIADA POR SUNEDU		NORMA ASTM C-136			
LABORATORIO: MECÁNICA DE SUELOS-INGENIERÍA CIVIL-UNH				ENSAYADO POR: RRLA/QMA			
<b>ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (CHECCO)</b>							
N° DE CRIBADO		CRIBADO 01	CRIBADO 02	CRIBADO 03	PROMEDIO		
MASA INICIAL (gr)		3500.31	3500.27	3523.56	3508.05		
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO R. (gr)	PESO R. (gr)	PESO R. (gr)	PESO R. (gr)		
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	0.00		
N° 4	4.75	13.89	21.58	19.75	18.41		
N° 8	2.38	538.42	637.68	566.61	580.90		
N° 16	1.18	531.61	524.26	553.44	536.44		
N° 30	0.59	640.96	635.21	516.82	597.66		
N° 50	0.31	629.92	609.10	678.56	639.19		
N° 100	0.15	580.70	588.19	665.32	611.40		
N° 200	0.075	352.33	306.49	344.88	334.57		
FONDO		212.15	177.22	177.29	188.89		
MASA FINAL (gr)		3500	3499.73	3522.6525	3507.46		
*ERROR < 0.3%		0.009%	0.015%	0.026%	0.00		
TAMAÑO MÁXIMO		N° 4					
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		3/8"					

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Resultado del análisis granulométrico de la arena fina.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA		ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 400.012		TESIS: "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"	
		LICENCIADA POR SUNEDU					
LABORATORIO: MECANICA DE SUELOS-INGENIERIA CIVIL-UNH				ENSAYADO POR: RRLA/QMA			
<b>ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (ARENA FINA)</b>							
N° DE CRIBADO		CRIBADO 01	CRIBADO 02	CRIBADO 03	PROMEDIO		
MASA INICIAL (gr)		3278.32	3274.3	3363.71	3305.443333		
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO R. (gr)	PESO R. (gr)	PESO R. (gr)	PESO R. (gr)		
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	0.00		
4	4.75	3.74	5.41	1.87	3.67		
8	2.38	8.21	9.05	7.45	8.24		
16	1.18	29.76	27.34	38.35	31.82		
30	0.59	219.08	227.83	220.09	222.33		
50	0.31	1602.87	1639.31	1960.79	1734.32		
100	0.15	1101.46	1042.11	820.36	987.98		
200	0.08	258.06	268.98	248.19	258.41		
FONDO		53.40	55.44	59.62	56.15		
MASA FINAL (gr)		3276.58	3275.47	3356.72	3302.92		
*ERROR < 0.3%		0.053%	0.036%	0.208%	0.076%		
TAMAÑO MAXIMO		3/8"					
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		N°04					

Fuente: elaboración propia.

### c) Módulo de finura de los materiales

Como principal normativa se tomó la Norma Técnica Peruana NTP 400.037 (2014); en el cual señala que el rango del módulo

de finura de los agregados finos no será menor que 2,3 y no será mayor que 3,2. Sumado a ello menciona que será permitido el uso de estos agregados que no cumplan las gradaciones específicas, por ende, el módulo de finura, si el concreto a producir satisface las resistencias requeridas.

Tabla 18. Resultados del módulo de finura del material Checco

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA		MÓDULO DE FINURA		TESIS: 'INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO'	
LICENCIADA POR SUNEDU		NTP 400.037			
LABORATORIO: MECÁNICA DE SUELOS-INGENIERÍA CIVIL-UNH			ENSAYADO POR: RRLA/QMA		
ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (CHECCO)					
$MF = \frac{\sum \% \text{Retenido Acumulado desde el Tamiz } N^{\circ}4 \text{ al } N^{\circ}100}{100}$					
GRANULOMETRÍA AGREGADO FINO (CHECCO)					
MASA INICIAL (gr)		3508.05			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULADO	
				% P. RETENID.	% P. PASANTE
3/8"	9.52	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.75	18.41	0.52%	0.52%	99.48%
N° 8	2.38	580.90	16.56%	17.09%	82.91%
N° 16	1.18	536.44	15.29%	32.38%	67.62%
N° 30	0.59	597.66	17.04%	49.42%	50.58%
N° 50	0.31	639.19	18.22%	67.64%	32.36%
N° 100	0.15	611.40	17.43%	85.08%	14.92%
N° 200	0.075	334.57	9.54%	94.61%	5.39%
FONDO		188.89	5.39%	100.00%	0.00%
MASA FINAL (gr)		3507.46			
TAMAÑO MÁXIMO		N° 4			
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		3/8"			
MF=	252.13/100				
<b>MF=</b>	<b>2.52</b>				



Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Resultados del módulo de finura de la arena fina.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA LICENCIADA POR SUNEDU		MODULO DE FINURA NTP 400.037		TESIS: "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"	
LABORATORIO: MECANICA DE SUELOS-INGENIERIA CIVIL-UNH				ENSAYADO POR: RRLA/QMA			
ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (ARENA FINA)							
$MF = \frac{\sum \% \text{Retenido Acumulado desde el Tamiz N}^\circ 4 \text{ al N}^\circ 100}{100}$							
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO (ARENA FINA)							
MASA INICIAL (gr)		3305.44			% ACUMULADO		
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO. (gr)	% PESO PARCIAL RETENIDO	% PESO RETENIDO	% PESO PASANTE		
3/8"	9.52	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
N° 4	4.75	3.67	0.11%	0.11%	99.89%		
N° 8	2.38	8.24	0.25%	0.36%	99.64%		
N° 16	1.18	31.82	0.96%	1.32%	98.68%		
N° 30	0.59	222.33	6.73%	8.06%	91.94%		
N° 50	0.31	1734.32	52.51%	60.56%	39.44%		
N° 100	0.15	987.98	29.91%	90.48%	9.52%		
N° 200	0.075	258.41	7.82%	98.30%	1.70%		
FONDO		56.15	1.70%	100.00%	0.00%		
MASA FINAL (gr)		3302.92					
TAMAÑO MAXIMO		N° 04					
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/8"					
MF=		160.89/100					
MF=					<b>1.61</b>		



Fuente: elaboración propia.

#### d) Límites granulométricos de los materiales

Como principal normativa se tomó la Norma Técnica Peruana NTP 400.037 (2014); en el cual señala el rango de las gradaciones es específicas que debe contemplar el agregado fino. Sumado a ello menciona que será permitido el uso de estos agregados que no cumplan las gradaciones específicas, por ende, el módulo de finura, si el concreto a producir satisface las resistencias requeridas.

A continuación, se describe los rangos de las gradaciones de los usos granulométricos para los agregados finos.

Tabla 20. Límites granulométricos para agregados finos.

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA (Acumulado)	
3/8"	9.50 mm	100	100
N° 4	4.75 mm	95	100
N° 8	2.38 mm	80	100
N° 16	1.18 mm	50	85
N° 30	0.60 mm	25	60
N° 50	0.30 mm	10	30
N° 100	0.15 mm	2	10

Fuente: elaboración propia

A continuación, se ilustra la curva granulométrica de los agregados finos en estudio.

- Material Checco.

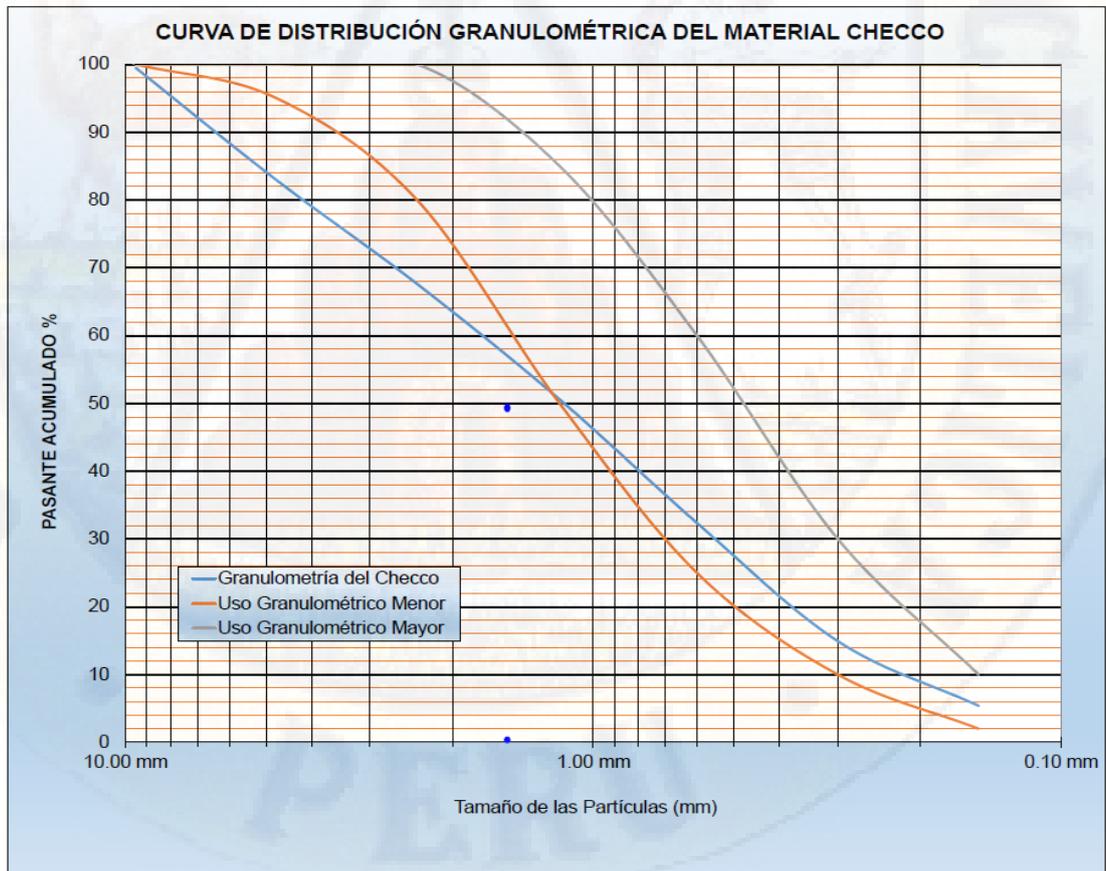


Figura 8. Curva de distribución granulométrica del material Checco.

- Arena fina

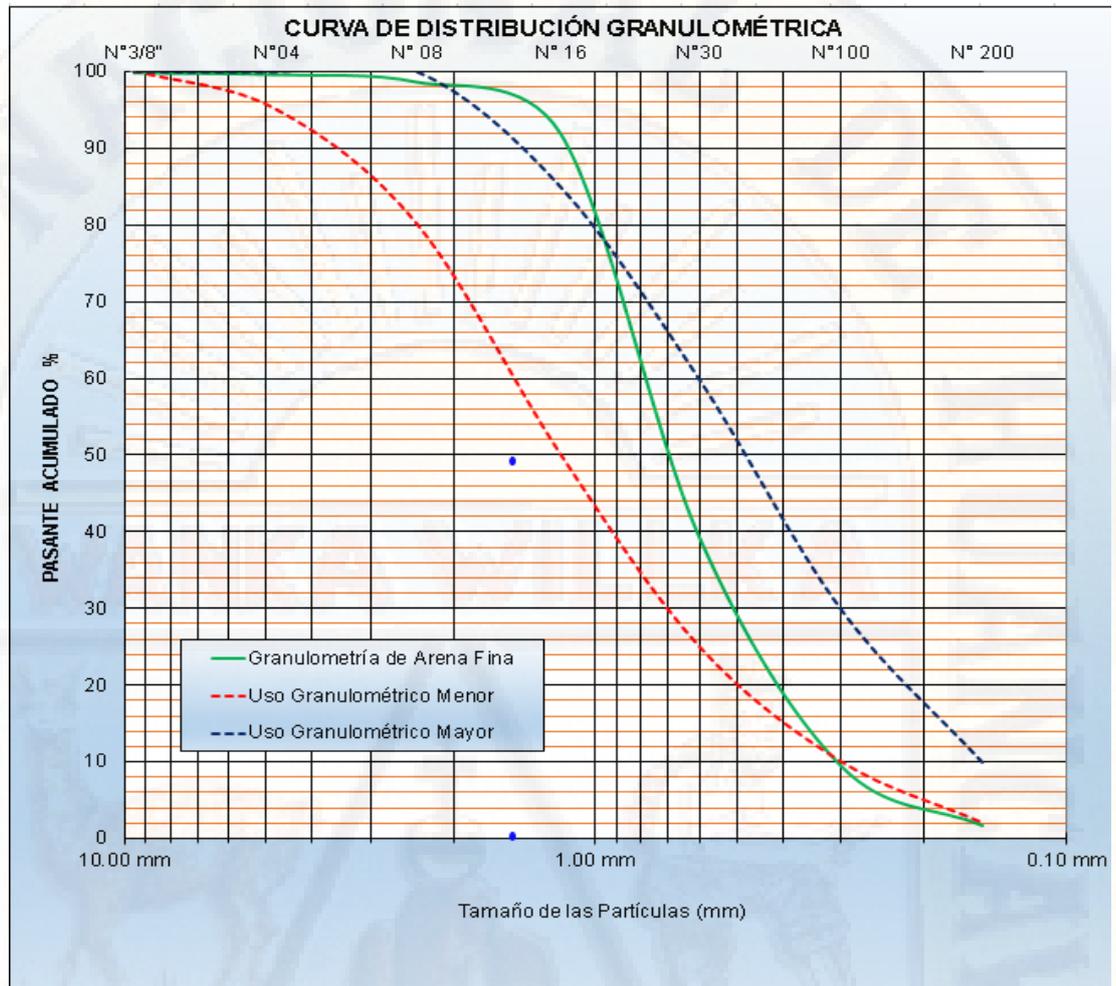


Figura 9. Curva de distribución granulométrica de la arena fina.

e) **Peso unitario de los materiales**

Como principal normativa se tomó la Norma Técnica Peruana NTP 400.017 (2011); en el cual contempla los parámetros que se deben de seguir para determinar el peso unitario suelto y el peso unitario compacto.

Para ello se deberá registrar el peso de los recipientes, así como también el peso de las muestras a ensayar.

Los materiales, equipos y herramientas utilizadas se describen a continuación:

- material Checco,
- arena fina,





Fotografía 21. Peso unitario suelto de la arena fina.

Para determinar el peso unitario compacto de los materiales se determinó el peso y volumen de la briqueta cilíndrica, seguidamente el material a ensayar se colocó en el recipiente en tres capas, en cada capa se apisonó con 25 golpes con la varilla metálica de punta redondeada de manera uniforme y se enrasó la superficie, finalmente se registra el peso de la briqueta con el material contenido.



Fotografía 22. Peso unitario compacto del material Checco.



Fotografía 23. Peso unitario compacto de la arena fina.

Los resultados del ensayo del peso unitario suelto y compacto de los materiales se describen a continuación:

Tabla 21. Resultados del peso unitario suelto del material Checco

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	PESO UNITARIO SUELTO			TESIS: "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"
	LICENCIADA POR SUNEDU	NTP 400.017/ASTM C-29			
LABORATORIO: MECÁNICA DE SUELOS-INGENIERÍA CIVIL-UNH		ENSAYADO POR: RRLA/QMA			
ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (CHECCO)					
$PS = \frac{\text{peso del recipiente con muestra suelta} - \text{peso del recipiente}}{\text{volumen del recipiente}}$					
DATOS	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N°3	PROMEDIO	
Peso de la tara (kg)	10.075	10.075	10.075	10.075	
Peso de la tara + muestra suelta(kg)	15.585	15.36	15.56	15.50166667	
Peso de la muestra suelta (kg)	5.51	5.285	5.485	5.42666667	
Volumen del recipiente (M3)	0.005806669	0.005806669	0.005806669	0.005806669	
<b>Peso unitario suelto (kg/m3)</b>	<b>948.9089946</b>	<b>910.1604422</b>	<b>944.6035999</b>	<b>934.5576789</b>	

Fuente: elaboración propia

De la tabla anterior se puede observar que el peso unitario suelto para el material Checco resultó 934.56 kg/cm3.

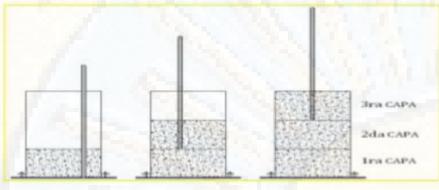
Tabla 22. Resultado del peso unitario suelto de la arena fina

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	PESO UNITARIO SUELTO NTP.400.017 / ASTM C-29			TESIS: "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"
	LICENCIADA POR SUNEDU				
LABORATORIO: MECANICA DE SUELOS-INGENIERIA CIVIL-UNH		ENSAYADO POR: RRLA/QMA			
ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (ARENA FINA)					
$PS = \frac{\text{peso del recipiente con muestra suelta} - \text{peso del recipiente}}{\text{volumen del recipiente}}$					
DATOS	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N°3	PROMEDIO	
Peso de la tara (kg)	10.075	10.075	10.075	10.08	
Peso de la tara + muestra suelta(kg)	17.87	17.86	17.875	17.87	
Peso de la muestra suelta (kg)	7.795	7.785	7.8	7.79	
Volumen del recipiente (M3)	0.005806669	0.005806669	0.005806669	0.005806669	
<b>Peso unitario suelto (kg/m3)</b>	<b>1342.422071</b>	<b>1340.699913</b>	<b>1343.28315</b>	<b>1342.14</b>	

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se puede observar que el peso unitario suelto para la arena fina resultó 1342.14 kg/cm3.

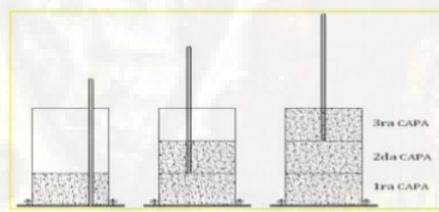
Tabla 23. Resultados del peso unitario compacto del material Checco

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA		PESO UNITARIO COMPACTO		TESIS: 'INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO'
LICENCIADA POR SUNEDU		NTP 400.017/ASTM C-29		
LABORATORIO: MECÁNICA DE SUELOS-INGENIERÍA CIVIL-UNH			ENSAYADO POR: RRLA/QMA	
ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (CHECCO)				
		<p>○ Peso del agregado</p> <p><math>PA=PT-PM</math></p> <p>○ Peso unitario del agregado</p> <p><math>PU= \frac{PA}{VM}</math></p> <p>Dónde:                      PM= Peso de molde                      VM= Volumen de molde                      PT= peso de (molde + agregado)                      PU = Peso unitario del agregado en kg/ m3</p>		
DATOS	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N°3	PROMEDIO
Peso de la tara (kg)	10.075	10.075	10.075	10.075
Peso de la tara + muestra suelta(kg)	16.66	16.58	16.63	16.62333333
Peso de la muestra suelta (kg)	6.585	6.505	6.555	6.548333333
Volumen del recipiente (kg)	0.005806669	0.005806669	0.005806669	0.005806669
<b>Peso unitario compacto (kg/m3)</b>	<b>1134.040967</b>	<b>1120.263704</b>	<b>1128.874494</b>	<b>1127.726388</b>

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se puede observar que el peso unitario compacto para el material Checco resulto 1127.73 kg/cm3.

Tabla 24. Resultados del peso unitario compacto de la arena fina

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA		PESO UNITARIO SUELTO		TESIS: "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"
LICENCIADA POR SUNEDU		NTP.400.017 / ASTM C-29		
LABORATORIO: MECANICA DE SUELOS-INGENIERIA CIVIL-UNH			ENSAYADO POR: RRLA/QMA	
ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (ARENA FINA)				
		<p>○ Peso del agregado</p> <p><math>PA=PT-PM</math></p> <p>○ Peso unitario del agregado</p> <p><math>PU= \frac{PA}{VM}</math></p> <p>Dónde:                      PM= Peso de molde                      VM= Volumen de molde                      PT= peso de (molde + agregado)                      PU = Peso unitario del agregado en kg/ m3</p>		
DATOS	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N°3	PROMEDIO
Peso de la tara (kg)	10.075	10.075	10.075	10.075
Peso de la tara + muestra suelta(kg)	18.825	18.83	18.845	18.83
Peso de la muestra suelta (kg)	8.75	8.755	8.77	8.76
Volumen del recipiente (kg)	0.005806669	0.005806669	0.005806669	0.00581
<b>Peso unitario compacto (kg/m3)</b>	<b>1506.888149</b>	<b>1507.749228</b>	<b>1510.332465</b>	<b>1508.32</b>

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se puede observar que el peso unitario compacto para la arena fina resultó 1508.32 kg/cm<sup>3</sup>.

**f) Peso específico y absorción de los materiales**

Como principal normativa se tomó la Norma Técnica Peruana NTP 400.022 (2013).

Al tener la relación de la densidad del material con la densidad del agua, hace referencia al peso específico, lo importante es obtener los volúmenes que ocupa los materiales dentro del recipiente.

La absorción se calculó luego de la inmersión en agua durante 24 horas de las muestras en estudio, de esta manera se determinó la absorción de los materiales, el cual fue útil para controlar la cantidad de agua en la mezcla.

Los materiales, equipos y herramientas utilizadas se describen a continuación:

- material Checco,
- arena fina,
- balanza electrónica,
- agua,
- molde cónico y pisón de mano,
- picnómetro,
- secadora, bandejas, cucharas, etc.

El procedimiento del ensayo se muestra y se describe a continuación:

Luego de la selección por cuarteo, de un aproximado de un kilogramo de muestra a ensayar, se sumergió dicha muestra en agua durante 24 horas, luego, se decantó el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, para poder extender la muestra en un recipiente no absorbente, en el cual se removió la muestra a la intemperie hasta que esta alcanzó la condición de superficialmente seca.

Seguidamente la muestra se ensayó con el cono, se llenó con muestra y se apisonó ligeramente con 25 golpes, al retirar el cono la muestra obtuvo un ligero desplome, de tal manera que indicó que esta alcanzó la condición de superficialmente seca.



Fotografía 24. Muestra de material Checco y arena fina sumergida en agua durante 24 horas.



Fotografía 25. Secado homogéneo superficialmente seco del material Checco.



Fotografía 26. Secado homogéneo superficialmente seco de la arena fina.



Fotografía 27. Condición superficialmente seca del material Checco.



Fotografía 28. Condición superficialmente seca de la arena fina.

Prosiguiendo con el ensayo, se llenó el picnómetro con agua y se utilizó aproximadamente 500 gr de agregado fino, de las muestras del material Checco y arena fina que posean la condición de superficialmente seca, con estas se llenó en el picnómetro y se agitó manualmente para eliminar las burbujas de aire a un ángulo de  $45^\circ$ , luego de eliminar el aire atrapado, se llenó con agua hasta la marca de calibración del picnómetro y se registra el peso del picnómetro, más muestra y agua. Las muestras de agregados finos, respectivamente, se retiraron del picnómetro para secarlos al horno para luego registrar su peso. Finalmente se registró el peso del picnómetro contenido con agua hasta la marca de calibración, para posteriores cálculos.



Fotografía 29. Eliminación de aire atrapado por agitación manual del material Checco.

En la fotografía anterior se muestra la eliminación de aire atrapado en el picnómetro, por la muestra Checco, este proceso se realizó agitando el picnómetro durante un lapso de 15 minutos aproximadamente.



Fotografía 30. Eliminación de aire atrapado por agitación manual de la arena fina.

En la figura anterior se muestra la eliminación de aire atrapado en el picnómetro, por la arena fina, este proceso se realizó agitando el picnómetro durante un lapso de 15 minutos aproximadamente.



Fotografía 31. Determinación del peso total del picnómetro, material Checco y agua.



Fotografía 32. Determinación del peso total del picnómetro, arena fina y agua.



Fotografía 33. Secado al horno y registro del peso seco del material Checco.



Fotografía 34. Secado al horno y registro del peso seco de la arena fina.

Los resultados del ensayo de peso específico y absorción de los materiales se describen a continuación:

Tabla 25. Resultados del peso específico y absorción del material Checco.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y PESO ESPECÍFICO	<b>TESIS: "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"</b>	
	LICENCIADA POR SUNEDU	NTP 400.017/ASTM C-128.59		
LABORATORIO: MECÁNICA DE SUELOS-INGENIERÍA CIVIL-UNH		ENSAYADO POR: RRLA/QMA		
<b>ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (CHECCO)</b>				
<b>DATOS</b>		<b>UNIDAD</b>		
peso SSS (gr) =	252.3	gr		
peso de fiola sola =	163.91	gr		
peso de fiola + agua (500 ml)=	659.76	gr		
peso de tara para horno=	185.62	gr		
Peso de la fiola + P. agua + P. de arena sss=	833.61	gr		
peso de tara + muestra seca en horno de arena fina=	419.55	gr		
Peso de la muestra secada en horno (gr) =	236.23	gr		
Peso específico aparente =		3.011217336		gr/cm3
Peso específico aparente saturado =		3.216061185		gr/cm3
Peso específico nominal =		3.786950946		gr/cm3
$absorcion \% = \frac{S1 - A1}{A1} \times 100$				
Absorción %=		6.802692291		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26. Resultados del peso específico y absorción de la arena fina.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y PESO ESPECIFICO NTP 400.022	<b>TESIS: "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"</b>
	LICENCIADA POR SUNEDU		
LABORATORIO: MECANICA DE SUELOS-INGENIERIA CIVIL-UNH		ENSAYADO POR: RRLA/QMA	
<b>ENSAYOS DEL AGREGADO FINO (ARENA FINA)</b>			
<b>DATOS</b>		<b>RESULTADOS</b>	<b>UNIDAD</b>
Peso Superficialmente Seco (gr)		251.60	gr
Peso de la fiola		163.91	gr
Peso de fiola + agua (500 ml)		658.55	gr
peso de tara para horno		175.74	gr
Peso de la fiola + P. agua + P. de arena sss		815.30	gr
peso de tara + muestra seca en horno de arena fina		413.28	gr
Peso de la muestra secada en horno (gr)		239.14	gr
Peso específico aparente =		2.52	gr/cm3
Peso específico aparente saturado=		2.65	gr/cm3
Peso específico nominal =		2.90	gr/cm3
$absorcion \% = \frac{S1 - A1}{A1} \times 100$			
Absorción %=		5.21	

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.4.2. Diseño de mezcla de los materiales

Con los datos previamente determinado de los materiales y descritas líneas arriba, se procedió a la cuantificación de las proporciones ideales para la elaboración de las respectivas mezclas, para el caso, el diseño de mortero con fines de acabado se asemeja al diseño de mezclas convencional por el método ACI (American Concrete Institute) del comité 211.1, ya que este método utiliza cuadros empíricos de ensayos realizados y ello otorga un desarrollo factible y sencillo.

En la presente investigación se realizó el diseño de mezcla para una resistencia a la comprensión de 125 kg/cm<sup>2</sup>.

En la siguiente tabla se presenta las condiciones para el diseño de mezcla para el material Checco y para la arena fina.

Tabla 27. Condiciones de diseño de mezcla para el material Checco y la arena fina.

MORTERO PARA ACABADOS	
DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICA
Resistencia f'c	125 kg/cm <sup>2</sup>
Condición de ambiente	Condiciones normales
Condición de exposición	Sin aire incorporado
Consistencia	Plástica
Asentamiento	4"

Fuente: elaboración propia.

Seguidamente, se presenta las características físicas de los materiales, obtenidos de laboratorio, para el diseño de mezcla.

Tabla 28. Características físicas de los materiales.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	MATERIAL CHECCO	ARENA FINA
Peso unitario suelto (kg)	934.56	1342.14
Peso unitario compacto (kg)	1127.73	1508.32
Densidad	3.01	2.52
Contenido de humedad(%)	13.75	14.36
Absorsion (%)	6.80	5.21
Modulo de fineza	2.52	1.61
Tamaño maximo nominal	N° 4	N° 4

Fuente: elaboración propia.

Para el diseño de mezclas de los materiales, material Checco y arena fina, se utilizó el cemento andino tipo I, por ser el más comercial en el ámbito de estudio. Cuyas características físicas se muestran a continuación.

Tabla 29. Características físicas del cemento.

Cemento andino Tipo I				
*Densidad=		3.15	gr/cm3	
Parámetro	Unidad	Cemento Andino Premium	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150	
Contenido de aire	%	5.08	Máximo 12	
Expansión autoclave	%	-0.02	Máximo 0.80	
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	373	Mínimo 260	
Densidad	g/ml	3.15	No especifica	
<b>Resistencia a la Compresión</b>				
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	274	Mínimo 122	
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	340	Mínimo 194	
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	440	Mínimo 285*	
<b>Tiempo de Fraguado</b>				
Fraguado Vicat inicial	min	105	Mínimo 45	
Fraguado Vicat final	min	282	Máximo 375	
<b>Composición Química</b>				
MgO	%	1.80	Máximo 6.0	
SO <sub>3</sub>	%	2.67	Máximo 3.0	
Pérdida al fuego	%	1.49	Máximo 3.0	
Residuo insoluble	%	0.72	Máximo 1.5	
<b>Fases Mineralógicas</b>				
C <sub>2</sub> S	%	17.86	No especifica	
C <sub>3</sub> S	%	54.88	No especifica	
C <sub>3</sub> A	%	7.01	No especifica	
C <sub>4</sub> AF	%	10.37	No especifica	
<b>Alcalis Equivalentes</b>				
Contenido de álcalis equivalentes	%	0.47	Máximo 0.60*	
<b>Resistencia a los Sulfatos</b>				
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.083	0.10 % máx. a 180 días	



Fuente: ficha técnica cemento Andino premium (UNACEM, 2020)

El procedimiento para la selección de las cantidades óptimas del diseño de mezclas de los materiales, según la guía práctica del ACI (American Concrete Institute) comité 211.1 y adaptado a la presente investigación, se describe a continuación.

#### a) Selección de la resistencia requerida

Esta selección se realizó para ambos casos, diseño de mezcla con el material Checco y diseño de mezcla con arena fina.

Tabla 30. Resistencia requerida para el diseño de mezcla

A) SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA REQUERIDA				
F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'cr (Kg/cm <sup>2</sup> )	F'c=	125	kg/cm <sup>2</sup>
menos de 210	F'c + 70			
210 a 350	F'c + 84	F'cr=	195	kg/cm <sup>2</sup>
sobre 350	F'c + 98			

Fuente: ACI comité 211.1 (2002)

La tabla muestra la resistencia requerida para el diseño de mezclas de 195 kg/cm<sup>2</sup>, se toma en cuenta este valor en base a

la guía del ACI comité 211.1, debido a que en el estudio no se cuenta con ensayos disponibles que nos posibilite calcular la desviación estándar. Cabe mencionar que esta resistencia requerida será empelada en el diseño de mezclas para el material Checco y para la arena fina.

**b) Selección del tamaño máximo nominal y el asentamiento adecuado**

Tabla 31. Tamaño máximo nominal y asentamiento para el material Checco y para la arena fina

<b>B) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO</b>	
<b>TMN=</b>	<b>N°04</b>
<b>C) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO</b>	
<b>SLUMP=</b>	<b>4"</b>

Fuente: elaboración propia.

La tabla muestra el tamaño máximo nominal usado, siendo la abertura de la malla N° 04, en el cual se da el primer retenido del material Checco y de la arena fina, así mismo, el slump a usar será de un asentamiento de 4 pulgadas de consistencia plástica para ambos materiales.

**c) Selección del agua de diseño**

Tabla 32. Volumen unitario de agua.

<b>D) SELECCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA</b>								
TABLA: Volumen Unitario de Agua								
Asentamiento	Agua, lt/m <sup>3</sup> , para los Tamaños Máximos Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporados								
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	-
Concretos con aire incorporados								
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"	213	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: ACI comité 211.1 (2002)

De la tabla anterior para el cálculo del volumen unitario de agua para diseño se realizó interpolaciones para un asentamiento de 3" a 4" y un tamaño máximo nominal N° 04, sin embargo, la

guía del ACI comité 211.1 señala que los tamaños máximos nominales serán del agregado grueso, en la presente investigación solo se cuenta con agregado fino y para ello se tomará en cuenta el tamaño máximo nominal de estos. Cabe señalar que los valores resultantes fueron utilizados para el diseño de mezcla del material Checco y el diseño de mezcla de la arena fina.

Tabla 33. Resultados del agua de diseño para el material Checco y para la arena fina.

Interpolando			
De la interpolación	TAMIZ	ABERTURA	AGUA
para 3" a 4"	Nº 4	4.76	246.01
	3/8"	9.525	228
	1/2"	12.7	216
	<b>Cont. Agua=</b>	<b>246.01</b>	<b>lt/m3</b>

Fuente: elaboración propia.

En la anterior tabla se muestra el cálculo del agua de diseño para el diseño de mezclas del mortero de material Checco y para el mortero de arena fina, siendo un resultado de 246.01 lt/m3.

#### d) Selección del contenido de aire

Tabla 34. Contenido de aire atrapado.

E) SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE	
TABLA: Contenido de aire atrapado	
Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Fuente: ACI comité 211.1 (2002)

La tabla anterior nos da una connotación de la cantidad aproximada de aire atrapado que contendrá el diseño de mezcla,

para realizar este procedimiento se tuvo que realizar una interpolación, ya que, el tamaño máximo nominal de los materiales se consideró como el N°04.

Tabla 35. Resultados del aire atrapado para el material Checco y para la arena fina.

Interpolando		
TAMIZ	ABERTURA	AGUA
N° 4	4.76	3.75
3/8"	9.525	3
1/2"	12.7	2.5
<b>conte. Aire %=</b>		<b>3.75</b>

Fuente: elaboración propia

En la anterior tabla se muestra el cálculo del aire atrapado para el diseño de mezclas del mortero de material Checco y para el mortero de arena fina, siendo un resultado de 3.75% para un tamaño máximo nominal de abertura N°04.

#### e) Selección de la relación agua cemento

Tabla 36. Relación agua cemento.

F) SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA CEMENTO		
TABLA: Relación Agua-Cemento por resistencia		
F'cr (28días)	Relación Agua-Cemento de diseño en peso.	
	Concretos sin Aire Incorporado	Concretos con Aire Incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: ACI comité 211.1 (2002)

La relación adecuada de agua cemento para el diseño de mezclas del mortero de material Checco y mortero de arena fina se calculó ingresando a una interpolación con los datos de la

tabla anterior y con la resistencia requerida de 195 kg/cm<sup>2</sup>, para ambos materiales de estudio.

Tabla 37. Resultados de la relación agua – cemento para el material Checco y para la arena fina.

Interpolando	
F'cr (28 días)	Relacion agua - cemento
150	0.8
195	0.71
200	0.7
<b>A/C=</b>	<b>0.71</b>

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se observa que la relación agua-cemento, obtenida de la interpolación, resultó 0.71 para el diseño de mezcla con material Checco y para el diseño de mezcla con arena fina.

**f) Cálculo de la cantidad de cemento y el factor de cemento**

Con los datos obtenidos previamente, se calculó la cantidad de cemento a utilizar, dicha cantidad de cemento y factor de cemento se utilizó tanto en la dosificación para el diseño de mezcla del material Checco como en la dosificación del diseño de mezcla de la arena fina. A continuación, se detalla las cantidades obtenidas.

Tabla 38. Dosificación del cemento para el diseño de mezcla del material Checco y la arena fina.

G) CALCULO DEL CEMENTO Y F.C.			
A/C=0.71	F.C.=P.CEMENTO/P. BOLSA	<b>FC=</b>	<b>8.15</b>
C=AGUA/0.71	<b>C=</b>	<b>346.49</b>	<b>Kg/M3</b>

Fuente: elaboración propia.

**g) Determinación de los volúmenes absolutos**

Con los volúmenes y pesos determinados del cemento, agua y contenido de aire, se procedió a calcular los volúmenes absolutos de los materiales que intervendrán en los diseños de mezclas, para el mortero de material Checco y para la arena fina.

Tabla 39. Volúmenes absolutos para el material Checco.

<b>H.1) CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS PARA EL MATERIAL CHECCO</b>		
*como no se tiene agregados gruesos, se procede con el calculo de volúmenes absolutos		
cemento=	0.110	m <sup>3</sup>
agua=	0.25	m <sup>3</sup>
aire=	0.0375	m <sup>3</sup>
<b>suma de vol. =</b>	<b>0.394</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
*Contenido de agregado fino		
<b>Vol A.F.=</b>	<b>0.606</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Peso del A.F.=</b>	<b>1,826.28</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que la cantidad de agregado fino a utilizar para el diseño de mezclas es de 1826.28 kg/m<sup>3</sup>, esta cantidad es referencial para la dosificación del mortero de material Checco.

Tabla 40. Volúmenes absolutos para la arena fina.

<b>H.2) CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS PARA LA ARENA FINA</b>		
*como no se tiene agregados gruesos, se procede con el calculo de volúmenes absolutos		
cemento=	0.110	m <sup>3</sup>
agua=	0.25	m <sup>3</sup>
aire=	0.0375	m <sup>3</sup>
<b>suma de vol. =</b>	<b>0.394</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
*Contenido de agregado fino		
<b>Vol A.F.=</b>	<b>0.606</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Peso del A.F.=</b>	<b>1,529.12</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que la cantidad de agregado fino a utilizar para el diseño de mezclas es de 1529.12 kg/m<sup>3</sup>, esta cantidad es referencial para la dosificación del mortero de arena fina.

Tabla 41. Resultados de los volúmenes absolutos para el material Checco.

<b>I.1) RESULTADOS DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS PARA EL MATERIAL CHECCO</b>		
*Cantidad de materiales por m <sup>3</sup> en peso		
cemento=	346.49	kg/m <sup>3</sup>
agua de diseño=	246.01	lt/m <sup>3</sup>
agregado fino seco (material Checco)=	1,826.28	kg/m <sup>3</sup>
<b>peso de la mezcla</b>	<b>2418.78</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que el peso de la mezcla es de 2418.78 kg/m<sup>3</sup> para el caso de la dosificación con material Checco.

Tabla 42. Resultados de los volúmenes absolutos para la arena fina.

<b>I.2) RESULTADOS DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS PARA LA ARENA FINA</b>		
*Cantidad de materiales por m <sup>3</sup> en peso		
cemento=	346.49	kg/m <sup>3</sup>
agua de diseño=	246.01	lt/m <sup>3</sup>
agregado fino seco (material Checco)=	1,529.12	kg/m <sup>3</sup>
<b>peso de la mezcla</b>	<b>2121.62</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que el peso de la mezcla es de 2121.62 kg/m<sup>3</sup> para el caso de la dosificación con arena fina.

#### **h) Corrección por humedad**

Los materiales empleados en la presente investigación tienen diferente grado de humedad y absorción, hallados anteriormente, es por ello que dicha cantidad de agua contenida en los materiales se debe restar al agua de diseño en la mezcla. Por tratarse de materiales diferentes este procedimiento se realizó por separado para obtener un mejor resultado.

Tabla 43. Resultados por corrección de humedad del material Checco y la arena fina.

J.1) CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO - MATERIAL CHECCO			
A.F.=	2,077.34	kg/m <sup>3</sup>	*Cantidad de materiales por m <sup>3</sup> en peso
J.2) CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO - ARENA FINA			
A.F.=	1,748.62	kg/m <sup>3</sup>	*Cantidad de materiales por m <sup>3</sup> en peso

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que la corrección por peso del material Checco es de 2077.34 kg, mientras que la corrección por humedad del peso de la arena fina es de 1748.62 kg.

**i) Aporte de agua de los materiales al diseño de mezcla**

Tabla 44. Resultados de aporte de agua del material Checco y la arena fina.

K.1) APORTE DE AGUA DEL MATERIAL CHECCO A LA MEZCLA			
A.F.=	126.82	Lts	*Cantidad de materiales en litros por m <sup>3</sup>
*agua efectiva=	119.19	Lts	
K.2) APORTE DE AGUA DE LA ARENA FINA A LA MEZCLA			
A.F.=	139.84	Lts	*Cantidad de materiales en litros por m <sup>3</sup>
*agua efectiva=	106.17	Lts	

Fuente. elaboración propia

En la tabla anterior se observa que el aporte de agua a la mezcla del material Checco es de 126.82 litros, lo que significa que esta cantidad de agua se restó al agua de diseño, del cual, resulta con 119.19 litros de agua efectiva que se usó en la mezcla con material Checco.

Con respecto a la arena fina se observa que el agua aportada por este material fue de 139.84 litros, del cual, restando al agua de diseño queda un volumen de 106.17 litros de agua efectiva que se usó en la mezcla con arena fina.

**j) Relaciones de materiales corregidos por m<sup>3</sup> de mortero**

Luego de corregir los volúmenes de los materiales por humedad y por aporte de agua, respectivamente con sus propias características antes calculadas y líneas arriba descritas, se tuvo las siguientes dosificaciones finales para el diseño de mezcla

con material Checco y el diseño de mezcla con arena fina, los cuales se detallan a continuación.

- Dosificaciones corregidas para el diseño de mezcla con el material Checco.

Tabla 45. Dosificación corregida en peso por metro cúbico de mortero con material Checco.

<b>L.1) DOSIFICACIÓN CORREGIDA EN PESO POR METRO CUBICO DE MORTERO, CON MATERIAL CHECCO</b>		
CEMENTO =	346.49	kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO (CHECCO) HUMEDO =	2,077.34	kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA =	119.19	lt/m <sup>3</sup>

Fuente. elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra la dosificación corregida en peso por metro cúbico de mortero con material Checco, esto quiere decir que, el porcentaje de humedad y el grado de absorción de este material influye en el aporte de agua a la mezcla, para este caso, se tuvo que restar el exceso de aporte de agua, el cual refleja en el aumento del peso del agregado fino ya que contiene agua y en la disminución del agua, por esta misma razón.

Tabla 46. Dosificación corregida en peso por kilogramo de cemento con material Checco.

<b>L.2) DOSIFICACIÓN CORREGIDA EN PESO POR KILOGRAMO DE CEMENTO, CON MATERIAL CHECCO</b>	
CEMENTO =	1.00
AGREGADO FINO (CHECCO) HUMEDO =	6.00
AGUA EFECTIVA =	0.34

Fuente. elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra la dosificación corregida en peso por kilogramo de cemento, esto quiere decir que, por un kilogramo de cemento en la mezcla será necesario 6 kilogramos de material checco más 0.34 litros de agua.

Tabla 47. Dosificación corregida por bolsa de cemento con material Checco.

<b>L.3) DOSIFICACIÓN CORREGIDA POR BOLSA DE CEMENTO, CON MATERIAL CHECCO</b>		
CEMENTO =	42.50	kg/bls
AGREGADO FINO (CHECCO) HUMEDO =	254.80	kg/bls
AGUA EFECTIVA =	14.62	lt/bls

Fuente. elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra la dosificación corregida por bolsa de cemento, esto quiere decir que, por una bolsa de cemento en la mezcla será necesario 254.80 kilogramos de material checco más 14.62 litros de agua.

- Dosificaciones corregidas para el diseño de mezcla con arena fina.

Tabla 48. Dosificación corregida en peso por metro cubico de mortero con arena fina.

<b>L.4) DOSIFICACIÓN CORREGIDA EN PESO POR METRO CUBICO DE MORTERO, CON ARENA FINA</b>		
CEMENTO =	346.49	kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO (ARENA FINA) HUMEDO =	1,748.62	kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA =	106.17	lt/m <sup>3</sup>

Fuente. elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra la dosificación corregida en peso por metro cúbico de mortero con arena fina, esto quiere decir que, el porcentaje de humedad y el grado de absorción de este material influye en el aporte de agua a la mezcla, para este caso, se tuvo que restar el exceso de aporte de agua, el cual refleja en el aumento del peso del agregado fino ya que contiene agua y en la disminución del agua, por esta misma razón.

Tabla 49. Dosificación corregida en peso por kilogramo de cemento con arena fina.

<b>L.5) DOSIFICACIÓN CORREGIDA EN PESO POR KILOGRAMO DE CEMENTO, CON ARENA FINA</b>	
CEMENTO =	1.00
AGREGADO FINO (ARENA FINA) HUMEDO =	5.05
AGUA EFECTIVA =	0.31

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra la dosificación corregida en peso por kilogramo de cemento, esto quiere decir que, por un kilogramo de cemento en la mezcla será necesario 5.05 kilogramos de arena fina más 0.31 litros de agua.

Tabla 50. Dosificación corregida por bolsa de cemento con arena fina.

<b>L.6) DOSIFICACIÓN CORREGIDA POR BOLSA DE CEMENTO, CON ARENA FINA</b>		
CEMENTO =	42.50	kg/bls
AGREGADO FINO (ARENA FINA) HUMEDO =	214.48	kg/bls
AGUA EFECTIVA =	13.02	lt/bls

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra la dosificación corregida por bolsa de cemento, esto quiere decir que, por una bolsa de cemento en la mezcla será necesario 214.48 kilogramos de arena fina más 13.02 litros de agua.

#### ***4.1.4.3. Dosificación y tratamientos de mezclas de mortero para diferentes porcentajes de material Checco.***

En la presente investigación se realizaron cuatro tratamientos con cinco repeticiones cada uno. Se detalla a continuación.

El tratamiento primero (T1), para el agregado fino, el material Checco abarcó el 75% de su dosificación con 15% de arena fina para el diseño de mezcla, en el tratamiento segundo (T2), para el agregado fino, el material Checco abarcó el 85% de su dosificación con 15% de arena fina para el diseño de mezcla, en el tratamiento tercero (T3), para el agregado fino, el material Checco abarcó el

100% de su dosificación en el diseño de mezcla y por último en el tratamiento cuarto (T4), para el agregado fino, la arena fina abarcó el 100% de su dosificación en el diseño de mezcla. En la siguiente tabla se muestra dichos porcentajes.

Tabla 51. Cantidad de materiales en porcentaje para el diseño de mezcla.

TRATAMIENTO	CANTIDAD DE MATERIAL CHECCO (%)	CANTIDAD DE ARENA FINA (%)	CANTIDAD DE TESTIGOS ANALIZADOS
T1	75%	25%	5
T2	85%	15%	5
T3	100%	0%	5
T4	0%	100%	5
<b>TOTAL DE TESTIGOS CILINDRICOS DE MORTERO</b>			<b>20</b>

Fuente: elaboración propia.

Con los porcentajes antes descritos se procedió a realizar el diseño de mezcla de los diferentes tratamientos.

En el caso de los tratamientos con 85% y 75% de material Checco, como reemplazo de arena, se acoplaron al diseño de mezcla del tratamiento de 100% de material Checco, debido a que, este material tendrá mayor incidencia en la mezcla para estos tratamientos respectivamente.

A continuación, se detalla las dosificaciones de los tratamientos mencionados.

Tabla 52. Dosificación del diseño de mezcla con 75% de material Checco y 25% de arena fina, para el tratamiento (T1).

CEMENTO (KG)	MATERIAL CHECCO (KG) (75%)	ARENA FINA (KG) (25%)	AGUA (LT.)
346.49 Kg	1558.00 Kg	519.33 Kg	119.19 lt
1	4.50	1.50	0.34
<b>DOSIFICACIÓN POR TANDA PARA 5 PROBETAS</b>			
9.18 Kg	41.30 Kg	13.77 Kg	3.16 lt

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se aprecia la dosificación del diseño de mezcla para el tratamiento (T1), con 75% de material Checco y 25% de

arena fina, asimismo, se ilustra dicha dosificación para una tanda de mezcla por cada 5 briquetas de mortero a elaborar.

Tabla 53. Dosificación del diseño de mezcla con 85% de material Checco y 15% de arena fina, para el tratamiento (T2).

<b>CEMENTO (KG)</b>	<b>MATERIAL CHECCO (KG) (85%)</b>	<b>ARENA FINA (KG) (15%)</b>	<b>AGUA (LT.)</b>
346.49 Kg	1765.73 Kg	311.60 Kg	119.19 lt
1	5.10	0.90	0.34
<b>DOSIFICACIÓN POR TANDA PARA 5 PROBETAS</b>			
9.18 Kg	46.80 Kg	8.26 Kg	3.16 lt

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se aprecia la dosificación del diseño de mezcla para el tratamiento (T2), con 85% de material Checco y 15% de arena fina, asimismo, se ilustra dicha dosificación para una tanda de mezcla por cada 5 briquetas de mortero a elaborar.

Tabla 54. Dosificación del diseño de mezcla con 100% de material Checco, para el tratamiento (T3).

<b>CEMENTO (KG)</b>	<b>MATERIAL CHECCO (KG) (100%)</b>	<b>AGUA (LT.)</b>
346.49 Kg	2077.34 Kg	119.19 lt
1.00	6.00	0.34
<b>DOSIFICACIÓN POR TANDA PARA 5 PROBETAS</b>		
9.18 Kg	55.06 Kg	3.16 lt

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se aprecia la dosificación del diseño de mezcla para el tratamiento (T3), con 100% de material Checco, asimismo, se ilustra dicha dosificación para una tanda de mezcla por cada 5 briquetas de mortero a elaborar.

Tabla 55. Dosificación del diseño de mezcla con 100% de arena fina, para el tratamiento (T4).

<b>CEMENTO (KG)</b>	<b>ARENA FINA (KG) (100%)</b>	<b>AGUA (LT.)</b>
346.49 Kg	1748.62 Kg	106.17 lt
1.00	5.05	0.31
<b>DOSIFICACIÓN POR TANDA PARA 5 PROBETAS</b>		
9.18 Kg	46.35 Kg	2.81 lt

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se aprecia la dosificación del diseño de mezcla para el tratamiento (T4) con 100% de arena fina, asimismo, se ilustra dicha dosificación para una tanda de mezcla por cada 5 briquetas de mortero a elaborar.

#### **4.1.5. Prueba de adherencia y enlucido**

##### ***4.1.5.1. Elaboración de testigos cilíndricos***

Con los datos del diseño de mezcla para cada tratamiento, obtenidos en el acápite anterior, se procede a la elaboración de los testigos cilíndricos.

Como principal normativa se empleó la NTP.339.033 (2009), que muestra el proceso, curado y transporte para la elaboración de especímenes cilíndricos de concreto fresco para un determinado fin.

Los materiales, herramientas y equipo utilizado se describen a continuación:

- agregado fino de Material Checco,
- agregado Fino – arena fina,
- agua,
- balanza eléctrica de precisión a gramos y kilogramos,
- mezcladora eléctrica de 3 pies cúbicos,
- cono de Abrams,
- moldes cilíndricos de 6” x 12” (15 cm de diámetro por 30 cm de altura),

- varilla lisa compactadora de 5/8",
- martillo con cabezal de goma,
- herramientas manuales y recipientes en general.

A continuación, se detalla el procedimiento de elaboración de estos.

- Como primer paso se realizó el pesado de los materiales a usar, de acuerdo a la dosificación realizada para cada tratamiento, así como, el peso del agregado fino de material Checco, el peso de la arena, el peso del cemento y la cantidad de agua a utilizar. Todo ello para una tanda de mezcla de 5 testigos cilíndricos.



Fotografía 35. Pesado del material Checco para la elaboración de testigos cilíndricos.



Fotografía 36. Pesado de la arena fina para la elaboración de testigos cilíndricos.

- Seguidamente se procedió con el mezclado de los materiales en el trompo eléctrico de tres pies cúbicos de capacidad, primero se mezcló los agregados finos con el cemento con un tercio del agua dosificada, en cada tratamiento, luego que la mezcla tomara un cuerpo homogéneo se añadió el agua restante a la mezcla, el proceso de mezclado duro tres minutos aproximadamente.



Fotografía 37. Proceso de mezclado de los materiales.

En la figura anterior se observa el proceso de mezclado del mortero con los materiales en estudio mediante el trompo eléctrico de 3p3 de capacidad, este proceso se realizó para los cuatro tipos de tratamientos.

- Luego de realizado el mezclado del mortero de los respectivos tratamientos se procedió a verificar que se cumplan con el asentamiento de 3 a 4 pulgadas, proceso que fue realizado de acuerdo a la NTP. 339.035 (2015).

Este ensayo consistió en verter la muestra del trompo eléctrico sobre las charolas metálicas impermeables, luego de ello se vertió el mortero en el cono de abrams, para ser ensayado. Se registró el asentamiento por cada tanda de mortero mezclado de los respectivos tratamientos.



Fotografía 38. Ensayo de cono de Abrams.

En la fotografía anterior se muestra la mezcla de mortero preparado para el respectivo ensayo de asentamiento, proceso que se realizó para todos los tratamientos respectivamente.



Fotografía 39. Verificación del asentamiento óptimo del diseño de mezcla con arena fina.

En la fotografía anterior se muestra la verificación del asentamiento óptimo de 4 pulgadas para el diseño de mezcla con arena fina.



Fotografía 40. Verificación del asentamiento óptimo del diseño de mezcla con material Checco.

- Luego de verificar que la mezcla de los morteros con material Checco y con arena fina cumplan con el asentamiento óptimo de 4 pulgadas, se procedió a elaborar los testigos cilíndricos.

En este proceso se empleó la guía de la norma NTP 339.033 (2009). El cual nos da los alcances y requerimientos mínimos para el ensayo y el proceso de colocado para la fabricación de los especímenes de mortero.

El proceso de colocado se ilustra a continuación.

- Como primer paso se tuvo que alistar las briquetas cilíndricas en el cual, se limpiaron de impurezas, de humedad, se ajustaron los pernos de estas y posteriormente se embarduno el interior de estas con petróleo para facilitar su extracción luego del encofrado.



La fotografía anterior se muestra el vaciado del mortero en las respectivas briquetas, también se observa que están sobre una superficie plana y nivelada.

Continuando con el ensayo de proceder al curado de los especímenes de mortero de los diferentes tratamientos elaborados y luego de realizado la elaboración de los respectivos especímenes de mortero, estos fueron almacenados en un ambiente que garantizó el curado con las condiciones mínimas para garantizar las solicitaciones para el cual fueron diseñados, tales como la temperatura y la humedad.

A continuación, se describe esta actividad realizada.

- Después del fraguado, proceso que duro 24 horas, se procedió a desencofrar los especímenes de mortero de las respectivas briquetas metálicas.



Fotografía 43. Proceso de desencofrado de los especímenes de mortero.

En la fotografía anterior se muestra el desencofrado de los especímenes de mortero de los diferentes tratamientos.



Fotografía 44. Desencofrado de los especímenes de mortero con material Checco.

En la fotografía anterior se muestra el desencofrado de los especímenes elaborados con material Checco.



Fotografía 45. Desencofrado de los especímenes de mortero con arena fina.

En la fotografía anterior se muestra el desencofrado de los especímenes elaborados con arena fina.



Fotografía 46. Especímenes de mortero desencofrados.

En la anterior fotografía se muestra los especímenes de mortero de los tratamientos con 75% de material Checco más 25% de arena fina, con 85% de material Checco más 15% de arena fina, con 100% de material Checco y con 100% de arena fina.

- Posteriormente para poder realizar el proceso de curado se pesó los especímenes de los diferentes tratamientos.



Fotografía 47. Peso de los especímenes de mortero antes del curado.



Fotografía 48. Registro de los pesos de los especímenes de mortero.

- Seguidamente se procedió con la adecuación de la poza de curado, se llenó con agua libre de sustancias químicas y con la temperatura óptima para el curado.



Fotografía 49. Adecuación de la poza de curado.

En la fotografía anterior se muestra la adecuación de la poza de curado, con el cual corresponde al control de calidad del mortero elaborado para los diferentes tratamientos con un control óptimo de temperatura de curado.



Fotografía 50. Inmersión de los testigos de mortero en la poza de curado.

En la fotografía anterior se muestra la inmersión de los testigos de mortero, actividad que se realizó con el mayor de los cuidados, ya que cualquier golpe o choque podría generar pérdida en la resistencia de estos.



Fotografía 51. Especímenes de los tratamientos en el proceso de curado inicial inmersos en la poza de curado.

En la fotografía anterior se muestra los especímenes de mortero de los diferentes tratamientos siguiendo el proceso de curado inicial, en la poza de curado, además se muestra que cada una cuenta con el etiquetado y fechado según tratamiento.

#### **4.1.5.2. Determinación del ensayo a compresión de los testigos cilíndricos**

El ensayo a compresión de los testigos cilíndricos de los diferentes tratamientos fue realizado para verificar la calidad del mortero endurecido, así como también, evaluar el desempeño del mortero elaborado para las sollicitaciones diseñadas.

Para ello se tomó en cuenta la guía práctica y los requerimientos mínimos que contempla la norma NTP 339.034 (2015).

Los materiales, herramientas y equipo utilizado se describen a continuación:

- especímenes de mortero antes elaborados,
- prensa hidráulica para ensayo a compresión,
- anillos de retención y almohadillas de neopreno,
- herramientas básicas de laboratorio.

El procedimiento del ensayo se ilustra y describe a continuación:

- Antes del ensayo ejecutado se extrajeron del pozo de curado los especímenes de mortero con una anticipación de 24 horas, se registró las dimensiones de cada una de estas para proceder con el ensayo de compresión de testigos cilíndricos.



Fotografía 52. Especímenes cilíndricos con 75% de material Checco a 28 días de edad.



Fotografía 53. Especímenes cilíndricos con 85% de material Checco a 28 días de edad.



Fotografía 54. Especímenes cilíndricos con 100 % de material Checco a 28 días de edad.



Fotografía 55. Especímenes cilíndricos con 100 % de arena fina a 28 días de edad.

- Se continuó con la adecuación de los testigos encapsulando cada una de estas con las almohadillas de neopreno para garantizar una distribución uniforme de la carga. Se colocó en la prensa hidráulica los testigos céntricamente, para aplicar la carga de manera axial, continua y constante. Luego de ello se procedió con el registro del tipo de ruptura y con el registro de la resistencia alcanzada mediante la visualización de la pantalla digital de la prensa hidráulica. A continuación, se ilustra el procedimiento.



Fotografía 56. Ensayo a compresión de los testigos con 75% de material Checco más 25% de arena fina.

En la fotografía anterior se muestra el ensayo ejecutado para la determinación de la resistencia a compresión del testigo del tratamiento T1, elaborado con 75% de material Checco más 25% de arena fina.



Fotografía 57. Ensayo a compresión de los testigos con 85% de material Checco más 15% de arena fina.

En la fotografía anterior se muestra el ensayo ejecutado para la determinación de la resistencia a compresión del testigo del tratamiento T2, elaborado con 85% de material Checco más 15% de arena fina.



Fotografía 58. Ensayo a compresión de los testigos con 100% de material Checco.

En la fotografía anterior se muestra el ensayo ejecutado para la determinación de la resistencia a compresión del testigo del tratamiento T3, elaborado con 100% de material Checco.



Fotografía 59. Ensayo a compresión de los testigos con 100% de material Checco.

En la fotografía anterior se muestra el ensayo ejecutado para la determinación de la resistencia a compresión del testigo del tratamiento T4, elaborado con 100% de arena fina.

- Finalmente, luego de la determinación de la resistencia a compresión de los testigos de los diferentes tratamientos se registró los datos registrados por la compresora hidráulica. A continuación, se ilustra los testigos luego de ser sometidos al respectivo ensayo.



Fotografía 60. Testigos cilíndricos sometidos a compresión axial.

Los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión del mortero aplicado a los testigos cilíndricos de los diferentes tratamientos se detallan y describen a continuación.

Tabla 56. Resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del Tratamiento N°01.

EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE DISEÑO $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	ESPÉCIMEN CILÍNDRICO	CARGA MÁXIMA APLICADA (kgf)	ÁREA DE CARGA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ENSAYO $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
28 DÍAS	125.00	M1	5802	176.715	32.83
	125.00	M2	6864	176.715	38.84
	125.00	M3	5938	176.715	33.6
	125.00	M4	5825	176.715	32.96
	125.00	M5	7007	176.715	39.65
<b>PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESIÓN <math>f_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>					<b>35.58</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra el resultado del ensayo a la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del tratamiento N°01, el cual correspondió a la dosificación de agregado fino con 75% de material Checco y 25% de arena fina, además, se tiene un promedio de resistencia a la compresión de  $f'c=35.58\text{kg/cm}^2$  siendo un resultado muy bajo frente a la sollicitación de diseño que fue de  $f'c=125\text{kg/cm}^2$ .

Tabla 57. Resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del Tratamiento N°02.

EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE DISEÑO $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	ESPÉCIMEN CILÍNDRICO	CARGA MÁXIMA APLICADA (kgf)	ÁREA DE CARGA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ENSAYO $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
28 DÍAS	125.00	M1	4992	176.715	28.25
	125.00	M2	5068	176.715	28.68
	125.00	M3	5418	176.715	30.66
	125.00	M4	4895	176.715	27.7
	125.00	M5	6181	176.715	34.98
<b>PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESIÓN <math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>					<b>30.05</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra el resultado del ensayo a la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del tratamiento N°02, el cual correspondió a la dosificación de agregado fino con 85% de material Checco y 15% de arena fina, además, se tiene un promedio de resistencia a la compresión de  $f'c=30.05\text{kg/cm}^2$  siendo un resultado muy bajo frente a la sollicitación de diseño que fue de  $f'c=125\text{kg/cm}^2$ .

Tabla 58. Resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del Tratamiento N°03.

EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE DISEÑO $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	ESPÉCIMEN CILÍNDRICO	CARGA MÁXIMA APLICADA (kgf)	ÁREA DE CARGA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ENSAYO $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
28 DÍAS	125.00	M1	3829	176.715	21.67
	125.00	M2	3093	176.715	17.5
	125.00	M3	3693	176.715	20.9
	125.00	M4	3050	176.715	17.26
	125.00	M5	3283	176.715	18.58
<b>PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESIÓN <math>f_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>					<b>19.18</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra el resultado del ensayo a la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del tratamiento N°03, el cual correspondió a la dosificación de agregado fino con 100% de material Checco, además, se tiene un promedio de resistencia a la compresión de  $f_c=19.18\text{kg/cm}^2$  siendo un resultado muy bajo frente a la sollicitación de diseño que fue de  $f_c=125\text{kg/cm}^2$ .

Tabla 59. Resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del Tratamiento N°04.

EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE DISEÑO $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	ESPÉCIMEN CILÍNDRICO	CARGA MÁXIMA APLICADA (kgf)	ÁREA DE CARGA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ENSAYO $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
28 DÍAS	125.00	M1	22144	176.715	125.31
	125.00	M2	22086	176.715	124.98
	125.00	M3	22215	176.715	125.71
	125.00	M4	22358	176.715	126.52
	125.00	M5	22420	176.715	126.87
<b>PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESIÓN <math>f_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>					<b>125.88</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra el resultado del ensayo a la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos del tratamiento N°04, el cual correspondió a la dosificación de agregado fino con 100% de arena fina, además, se tiene un promedio de resistencia a

la compresión de  $f'c=125.88\text{kg/cm}^2$  siendo un resultado que sobrepasa a la sollicitación de diseño que fue de  $f'c=125\text{kg/cm}^2$ . Seguidamente se muestra las resistencias alcanzadas de los diferentes tratamientos.



Figura 10. Comparación del resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de los diferentes tratamientos.  
Fuente: elaboración propia.

La figura anterior muestra la resistencia alcanzada de los testigos de mortero de los diferentes tratamientos, se observa que; las repeticiones del R1 al R 5, correspondiente al tratamiento T 01 con 75% de material Checco y 25% de arena fina; las repeticiones del R6 al R 10, correspondiente al tratamiento T 02 con 85% de material Checco y 15% de arena fina y las repeticiones del R11 al R15, correspondiente al tratamiento T 03 con 100% de material Checco, determinaron una variación significativamente baja frente a la resistencia de sollicitación, que fue  $125\text{ kg/cm}^2$ , así mismo, se observa que las repeticiones del R16 al R20, correspondiente al tratamiento T04 con 100% de arena fina, determinaron una resistencia con variación insignificante frente a la resistencia de sollicitación.



Figura 11. Promedio del resultado de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos de los diferentes tratamientos.  
Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior se observa que, de los promedios de las resistencias a compresión de los testigos cilíndricos de los diferentes tratamientos realizados, el promedio del tratamiento T4, que compone 100% de arena fina como agregado fino, alcanzó la mayor resistencia con un  $f'c=125.88\text{kg/cm}^2$ , mientras que la menor resistencia la determino el tratamiento T3, que compone 100% de material Checco como agregado fino con un  $f'c=19.18\text{kg/cm}^2$ .



Figura 12. Comportamiento de la resistencia a la compresión de los testigos cilíndricos de los diferentes tratamientos.  
Fuente: elaboración propia.

De la figura anterior se observa que la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos con respecto a los tratamientos T1, T2 Y T3, disminuye con el aumento del uso del material Checco, con tendencia descendente de 35.58kg/cm<sup>2</sup>, correspondiente al T1, hasta 19.18kg/cm<sup>2</sup>, correspondiente al T3, además de no satisfacer la resistencia solicitada de diseño. Por otro lado, se observa que la resistencia del T4, de donde los testigos cilíndricos fueron elaborados con 100% de arena fina, alcanzó una resistencia de  $f'_c=125.88\text{kg}$  que satisface la solicitud requerida.

Tabla 60. Variación porcentual de las resistencias de los tratamientos respecto a la resistencia de diseño.

TRATAMIENTO	T1: 75% CHECCO + 25% ARENA	T2: 85% CHECCO + 15% ARENA	T3: 100% CHECCO	T4: 100% ARENA
Promedio de la Resistencia a la compresión de los testigos de los tratamientos	35.58 Kg/cm <sup>2</sup>	30.05 Kg/cm <sup>2</sup>	19.18 Kg/cm <sup>2</sup>	125.88 Kg/cm <sup>2</sup>
F'c de diseño degun solicitudión	125.00 Kg/cm <sup>2</sup>	125.00 Kg/cm <sup>2</sup>	125.00 Kg/cm <sup>2</sup>	125.00 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia alcanzada en el ensayo de los tratamientos respecto a la resistencia de diseño (%)	28.46%	24.04%	15.35%	100.70%

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se aprecia que, las resistencias de los tratamientos T1, T2 y T3 no cumplen con la solicitud de diseño, ya que, el promedio de las resistencias ensayadas del tratamiento T01 es inferior con un 28,46% de resistencia respecto a la resistencia de diseño, así mismo, el promedio de las resistencias ensayadas del tratamiento T02 es inferior con un 24.04% de resistencia respecto a la resistencia de diseño y por último el promedio de las resistencias ensayadas del tratamiento T3, es inferior con un 15.35% de resistencia respecto a la resistencia de diseño. Por otra parte, el promedio de las resistencias del tratamiento T4 sí cumplieron con la solicitud de diseño representando un 100.07% de resistencia respecto a la resistencia de diseño.

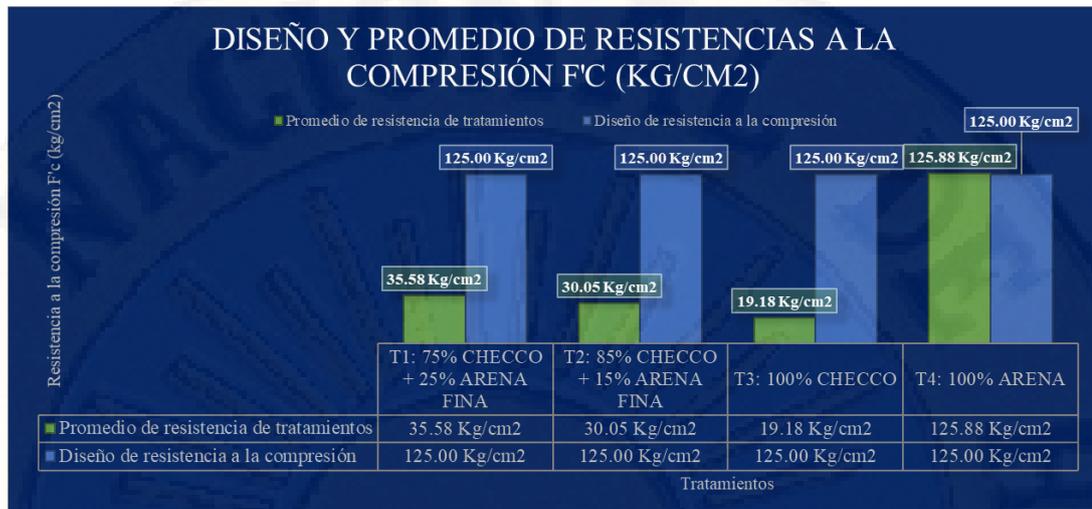


Figura 13. Comparación del promedio de la resistencia a compresión de los testigos cilíndricos con la resistencia de diseño.

Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior se observa la variación de los promedios de las resistencias a compresión de los testigos cilíndricos de los diferentes tratamientos realizados; el promedio del tratamiento T1, que compone 75% de material Checco más 25% de arena fina alcanzó una resistencia de  $f'c=35.58\text{kg/cm}^2$ , el promedio del tratamiento T2, que compone 85% de material Checco más 25% de arena fina alcanzó una resistencia de  $f'c=30.05\text{kg/cm}^2$ , el promedio del tratamiento T3, que compone 100% de material Checco alcanzó una resistencia de  $f'c=19.18\text{kg/cm}^2$  y finalmente el promedio del tratamiento T4, que compone 100% de arena fina alcanzó una resistencia de  $f'c=125.88\text{kg/cm}^2$ .

#### **4.1.5.3. Aplicación de los morteros como material de acabado**

Luego del análisis en laboratorio se obtuvo las características físicas de los materiales y seguidamente en la prueba para la adherencia y enlucido del mortero se determinó las proporciones de cada material a emplear en la mezcla de mortero para acabado, es así que en esta etapa final se procedió con la aplicación de los morteros.

Par tal fin se seleccionó dos tipos de proporciones de mortero, el primero fue la dosificación del tratamiento T03, cuya composición

del agregado fino comprendió el uso del 100% del material Checco, fue una de las dosificaciones empleadas debido a que en la determinación de la adherencia y enlucido obtuvo la resistencia a compresión más baja de los tratamientos y principalmente porque es el material que está netamente inmiscuido en la presente investigación.

La segunda proporción utilizada fue la dosificación del tratamiento T04, cuya composición de agregado fino comprendió el uso del 100% de arena fina, se empleó esta proporción porque es el material que se busca reemplazar, además, cumplió las solicitudes en las etapas anteriores.

Los materiales, herramientas y equipos utilizados en esta etapa se describen a continuación:

- arena fina,
- agregado fino de material Checco,
- cemento,
- agua,
- frotacho de madera, badilejos, lampas, nivel de mano, baldes, carretilla, flexómetro y otras herramientas menores.

A continuación, se procede a describir e ilustrar el procedimiento de aplicación de los agregados fino de mortero Checco y arena fina como materiales de acabados.

- Como primer paso se tuvo que alistar todos los materiales a emplear en la actividad.

Seguidamente se preparó el muro donde se aplicó dichos morteros, se realizó la respectiva limpieza del muro a fin de no afectar la adherencia de los morteros como también se humedeció para no alterar el contenido de agua del diseño de mezcla.



Fotografía 61. Materiales y herramientas utilizadas en la aplicación de morteros como material de acabado.

En la fotografía anterior se observa los materiales y herramientas utilizadas en la aplicación de los morteros como material de acabados. Además, se muestra que dicha aplicación se realizó en las inmediaciones de la Universidad Nacional de Huancavelica.



Fotografía 62. Adecuación de muro para aplicación de morteros como material de acabado.

En la fotografía anterior se muestra la adecuación del muro para la aplicación de los morteros como materiales de acabado, el muro ilustrado es del tipo contención y tiene una superficie rugosa.

- Se humedeció el muro y se recubrió previamente con una mezcla de cemento y agua para adquirir una mejor adherencia, esto debido a que el muro de aplicación fue construido años atrás.



Fotografía 63. Pintarrajeado del muro de aplicación con cemento y agua.

Seguidamente se preparó la mezcla con las proporciones antes calculadas para tal fin, se colocó sobre la caretila el cemento y el material Checco y se batió homogéneamente con la ayuda de una pala. Posteriormente se agregó agua con la dosificación indicada. Proceso que repitió con la arena fina.



Fotografía 64. Mezcla de los materiales para la conformación del mortero.

- Luego de realizado la adecuación del muro de aplicación y el batido de la mezcla del mortero, se procedió a la aplicación, previamente se pegó pequeños dados para contornear el área de aplicación.

Seguidamente se aplicó la mezcla con la ayuda de un fortacho extendiendo con movimientos circulares hasta cubrir toda el área requerida.



Fotografía 65. Aplicación de la mezcla en el muro.



Fotografía 66. Esparcimiento del mortero mediante movimientos circulares.



Fotografía 67. Nivelado y acabado final del mortero como material de acabado.

- Finalmente se obtuvo la aplicación de los morteros como material de acabados, de la dosificación con 100% de material Checco y de la dosificación con 100% de arena fina.



Fotografía 68. Acabado final del revestido con mortero de piedra Checco y mortero de arena fina.

En la fotografía anterior se muestra el acabado final del revestimiento con mortero de piedra Checco (revestimiento lado izquierdo) y arena fina (revestimiento lado derecho).

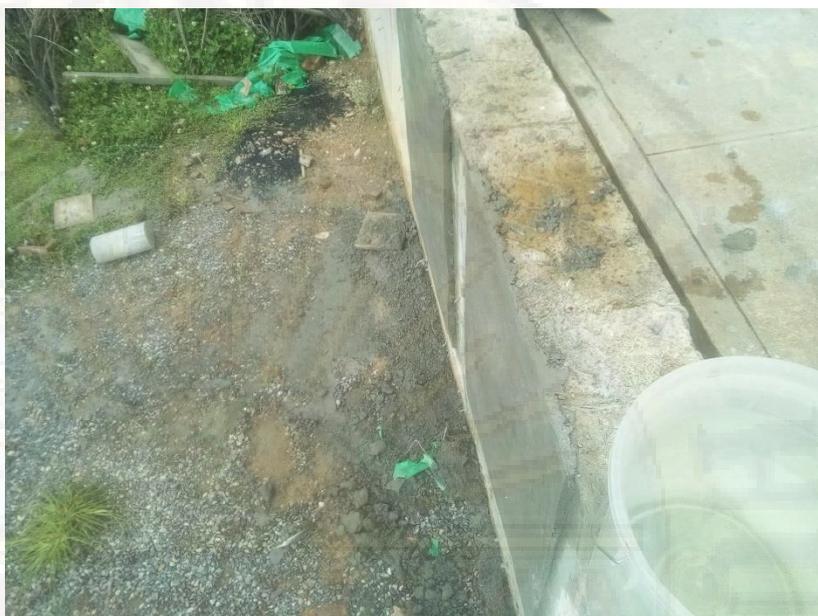


Fotografía 69. Muro de revestido con mortero de piedra Checco y mortero de arena fina.

En la fotografía anterior se muestra el revestimiento culminado del muro cuya dimensión es de un (1.00) m<sup>2</sup> metro cuadrado.

- Posteriormente se realizó el curado de los acabados, es decir, se mantenido la humedad optima del acabado para garantizar la adherencia entre la pasta y el agregado fino de cada tratamiento, de esta manera se prolonga que el mortero de acabado tenga mayor durabilidad, adherencia y enlucido cumpliendo su resistencia de sollicitación y tenga una mínima contracción por secado.

El proceso de curado se realizó luego de aplicado el acabado, para ello se utilizó el método común que se adopta en construcción, que consistió en regar continuamente el acabado, de manera cuidadosa para no dañar el paño de acabado.



Fotografía 70. Curado de los acabados.

En la fotografía anterior se observa el curado de los acabados mediante el método convencional por rociado que se emplea en la construcción.

## 4.2. Resultados

### 4.2.1. Prueba estadística

Con los resultados determinados anteriormente se procedió a realizar el análisis estadístico, en el cual se empleó la estadística descriptiva para la determinación de las medidas de posición y dispersión. Por otro lado, también se empleó la estadística inferencial aplicando el diseño completamente al azar, con el cual se validó la hipótesis planteada empleando el estudio de la varianza, prueba F con cinco por ciento de significancia o al 95% de nivel de confianza.

Como indicaron López y Gonzáles (2014) en su libro, Diseño y análisis de experimentos fundamentos y aplicación es en agronomía.

Los diseños completamente al azar contemplan el principio de repetición sin necesidad de control local ya que los tratamientos se asignan a las variables experimentales de manera aleatorizada, en el proceso otorga facilidad y deliberación de la cantidad de tratamientos y repeticiones a emplear. (pág. 19)

A continuación, se presenta la tabla de aleatorización, cuyo arreglo viene dado con T=4 niveles correspondientes a cada tratamiento de dosificación para mortero como material de acabado (T01, 75% CHECCO + 25% ARENA FINA; T02, 85% CHECCO + 15% ARENA FINA; T03, 100% CHECCO y T04, 100% ARENA FINA) con 5 repeticiones cada una.

Tabla 61. Arreglo aleatorizado al azar de 4 tratamientos x 5 repeticiones.

ARREGLO AL AZAR DE 4Tx5R		REPETICIONES				
		R1	R2	R3	R4	R5
TRATAMIENTOS f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	75% CHECCO + 25% ARENA FINA	32.83 Kg/cm <sup>2</sup>	38.84 Kg/cm <sup>2</sup>	33.60 Kg/cm <sup>2</sup>	32.96 Kg/cm <sup>2</sup>	39.65 Kg/cm <sup>2</sup>
	85% CHECCO + 15% ARENA FINA	28.25 Kg/cm <sup>2</sup>	28.68 Kg/cm <sup>2</sup>	30.66 Kg/cm <sup>2</sup>	27.70 Kg/cm <sup>2</sup>	34.98 Kg/cm <sup>2</sup>
	100% CHECCO	21.67 Kg/cm <sup>2</sup>	17.50 Kg/cm <sup>2</sup>	20.90 Kg/cm <sup>2</sup>	17.26 Kg/cm <sup>2</sup>	18.58 Kg/cm <sup>2</sup>
	100% ARENA FINA	125.31 Kg/cm <sup>2</sup>	124.98 Kg/cm <sup>2</sup>	125.71 Kg/cm <sup>2</sup>	126.52 Kg/cm <sup>2</sup>	126.87 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

Con los datos de la tabla anterior se procede a realizar los respectivos análisis estadísticos, como primer análisis se tiene a la estadística descriptiva.

- Estadística descriptiva.

Tabla 62. Resultados de la estadística descriptiva, medidas de posición y medidas de dispersión.

Tratamientos	Cantidad (Und)	Media ( $\bar{x}$ )	Mediana ( $\tilde{x}$ )	Varianza ( $\sigma^2$ )	F'c mínimo del tratamiento	F'c máximo del tratamiento
T01 - 75% CHECCO + 25% ARENA FINA	5	35.58 Kg/cm <sup>2</sup>	33.60 Kg/cm <sup>2</sup>	11.38	32.83 Kg/cm <sup>2</sup>	39.65 Kg/cm <sup>2</sup>
T02 - 85% CHECCO + 15% ARENA FINA	5	30.05 Kg/cm <sup>2</sup>	28.68 Kg/cm <sup>2</sup>	8.83	27.70 Kg/cm <sup>2</sup>	34.98 Kg/cm <sup>2</sup>
T03 - 100% CHECCO	5	19.18 Kg/cm <sup>2</sup>	18.58 Kg/cm <sup>2</sup>	4.01	17.26 Kg/cm <sup>2</sup>	21.67 Kg/cm <sup>2</sup>
T04 - 100% ARENA FINA	5	125.88 Kg/cm <sup>2</sup>	125.71 Kg/cm <sup>2</sup>	0.64	124.98 Kg/cm <sup>2</sup>	126.87 Kg/cm <sup>2</sup>
Total de muestras (n)	20					

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra los resultados de la estadística descriptiva de las medidas de posición y medidas de dispersión, para una sollicitación de resistencia a compresión de  $f'c=125\text{kg/cm}^2$  empleada en la presente investigación para los diferentes tratamientos. Se observa que la media más alta la determino el tratamiento T04 con  $125.88\text{kg/cm}^2$ , seguido del tratamiento T01 con  $35.58\text{kg/cm}^2$ , luego el T02 con  $30.05\text{kg/cm}^2$  y por último el T03 con  $19.18\text{kg/cm}^2$ .

Con respecto a la mediana, que representa el valor central de las resistencias alcanzadas de los respectivos tratamientos, se tuvo lo siguiente; la mediana más alta la determino el tratamiento T04 con  $125.71\text{kg/cm}^2$ , seguido del tratamiento T01 con  $33.60\text{kg/cm}^2$ , seguido del T02 con  $28.68\text{kg/cm}^2$  y por último el T03 con  $18.58\text{kg/cm}^2$ .

Además, se puede observar que la resistencia máxima de todos los tratamientos la determinó el T04 con un  $f'c=126.87\text{kg/cm}^2$  y la resistencia mínima la registro el T03 con un  $f'c=32.83\text{kg/cm}^2$ .

- Estadística inferencial

Para contrastar la hipótesis se realizó el análisis de la varianza (ANOVA).

Según López y Gonzáles (2014) en su libro, Diseño y análisis de experimentos fundamentos y aplicación es en agronomía.

Se tendrá la prueba F, que es la razón de las variables aleatorias con distribución (Ji-cuadrada), para ello si F supera al valor F crítico, se aceptará la hipótesis del autor recalando que hay presencia de diferencia significativa entre los resultados de los tratamientos. (pp. 25)

A continuación, se muestra el resumen del análisis del ANOVA.

Tabla 63. Resultado del análisis inferencial (ANOVA).

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	PR > F	Valor crítico para F
Tratamiento	3	36422.72838	12140.90946	1953.55	< 0.0001	3.24
Error experimental	16	99.4368	6.2148			
Total	19	36522.16518				

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra el resumen del análisis de la estadística inferencial, del cual se menciona que los errores son independientes, cuenta con varianza constante además de contar con homogeneidad de las varianzas de los tratamientos estudiados. Así mismo se observa que el valor F calculado es mayor al valor F crítico, por lo cual se contrasta que los tratamientos de los morteros de piedra Checco influyen significativamente como material de acabado.

Seguidamente se observa que la probabilidad  $PR > F$  fue menor que 0.05 de significancia, lo que indica que los promedios de las resistencias toman valores diferentes en relación al origen del tratamiento efectuado.

- Finalmente, para concluir con el análisis estadístico inferencial se procedió a realizar la comparación de las medianas, con el cual se determinó la diferencia de los promedios de las resistencias a compresión con cada tratamiento de origen mediante la prueba del test de Tukey efectuando el 5% de significancia, ya que este último valor debe corresponder a la determinación F de la ANOVA.

A continuación, se ilustra la tabla de comparación de las medianas.

Tabla 64. Resultados de la comparación de medias de acuerdo al criterio por Tukey.

Tratamiento (I)		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig
75% CH	85% CH	3.502296	1.114881	0.0001
	100% CH	10.3978	1.114881	0.0001
	100% A	-57.2735	1.114881	0.0001
85% CH	75% CH	-3.5023	1.114881	0.0001
	100% CH	6.895502	1.114881	0.0001
	100% A	-60.7758	1.114881	0.0001
100% CH	75% CH	-10.3978	1.114881	0.0001
	85% CH	-6.8955	1.114881	0.0001
	100% A	-67.6713	1.114881	0.0001
100% A	75% CH	57.27351	1.114881	0.0001
	85% CH	60.77581	1.114881	0.0001
	100% CH	67.67131	1.114881	0.0001

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.1.Regla de decisión

De la prueba F realizada en el ANAVA anterior se determinó que se rechazó la hipótesis nula, al nivel de 5% de significancia (95% de confianza), debido a que el F calculado resultó mayor al F crítico, afinando que en la presente investigación existe diferencias significativas de las resistencias a compresión de los diferentes tratamientos estudiados en la elaboración del mortero para acabado, por ende, en la adherencia y enlucido del acabado con material Checco.

Es así que se determinó la aceptación de la hipótesis de los autores que, el mortero de piedra Checco influyó significativamente como material de acabado.

#### 4.2.2. Discusión de resultados

De los resultados antes determinados se menciona que:

El material Checco, comúnmente conocido como piedra Checco, resulto ser un material tipo arena en estado compacto el cual cumple con los rangos químicos permisibles para ser empelado como agregado fino en la construcción, cuya composición de cloruros fue del 0.01%, porcentaje de sulfatos fue del 0.12% y porcentaje de sales solubles fue del 0.14%, valores que se encuentran permisibles.

De los resultados de laboratorio, del análisis estadístico y de la aplicación de los morteros como material de acabado se menciona que:

En la determinación de la prueba de adherencia y enlucido del mortero elaborado con material Checco obtuvo diferencias significativas en las resistencias ensayadas con respecto a la sollicitación de diseño. Es así que, los tratamientos con 75%, 85% y 100% de material Checco determinaron resistencias bajas a la resistencia a compresión con respecto a la sollicitación de diseño.

Gonzales (2016), en su investigación Estudio del mortero de pega usado en el Cantón Cuenca, propuesta de mejora, utilizando adiciones de Cal, determinó que los morteros complementados con cal optimizan su resistencia a compresión en estad endurecido a la edad de 7, 28 y 35 días de edad, en comparación de morteros de cemento que estos presentan cierto decrecimiento a la resistencia a la compresión en dichas edades.

En cuanto a lo mencionado, al utilizar un nuevo material como sustituto de la arena fina, puede traer muchos resultados entre favorables o desfavorables, en este caso el material Checco en la sustitución del agregado fino – arena de los diferentes tratamientos, produjo un decrecimiento en las resistencias a compresión a medida que la aumentaba el empleo del material Checco, sin embargo, en la etapa de aplicación como material de acabado la utilización de la dosificación del T03 con 100% de material Checco resultó favorable para los acabados a pesar de tener una resistencia menor en la prueba a la

resistencia a la compresión con respecto al diseño de sollicitación, esto sin incluir un aditivo de más para mejorar este mortero; mientras que Herrera (2012), en su tesis, Diseño del proceso de elaboración de un producto para acabado de paredes, a partir del hidróxido de calcio resultante de la combustión de la piedra Caliza, señaló que al utilizar un aditivo albalux en sus resultados determinó que es mucho más óptimo emplear un 80% de cal hidratada con 20% de arena en el acabado de paredes, además, de corroborar que dichas características son similares al producto industrial albalux.

La utilización de la piedra Checco; de las canteras de Paucará, provincia de Acobamba y región de Huancavelica; como material de acabado sirvió para conocer que es un nuevo material en estudio que sustituye favorablemente a la arena fina dentro de la industria de la construcción, a pesar de las bajas resistencias que se muestra al realizar las pruebas de resistencia a la compresión del material Checco.

En la etapa de aplicación del mortero de piedra Checco como material de acabado se observó que obtuvo favorable desarrollo en el acabado realizado el cual demuestra la buena funcionabilidad de este material, se cree que esto se encontró favorable por el porcentaje de arena y limo en su composición como muestra los resultados emitidos por el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lo cual queda como corroboración precaria para futuras investigaciones.

Del estudio desarrollado anteriormente en la presente tesis queda demostrado que, si es factible la utilización de este material Checco para ser utilizado en morteros para acabados, sin embargo, se recomienda encontrar plantear nuevos métodos que faciliten la extracción y preparación del agregado fino de piedra Checco, además de profundizar las bondades de este material.

## Conclusiones

Del estudio desarrollado anteriormente en la presente tesis queda demostrado que es factible la utilización del agregado fino de piedra Checco del tratamiento T03, constituido con 100% de este, para ser utilizado en la elaboración de morteros para acabados, ya que obtuvo condiciones favorables y duraderas en el tiempo en el mapeo, en cuanto a la adherencia se observó que se impregna fácilmente en una pared lisa y si esta es rugosa trabaja con mayor facilidad, por otro lado, se visualizó que el enlucido obtenido es de tipo cara vista con características impermeables y que perdura en el tiempo.

- Se utilizó el mortero del tratamiento T03 en la aplicación como material de acabado que comprende el uso del 100% de material Checco como agregado fino en la dosificación de mezcla, en sustitución a la arena fina, del cual se obtuvo la más baja de las resistencias a la compresión de los tratamientos con un  $f'c$  promedio=19.18kg/cm<sup>2</sup> con respecto a la resistencia de sollicitación de  $f'c$ =125kg/cm<sup>2</sup> y al tratamiento T04, cuya composición de agregado fino fue el 100% de arena fina con un  $f'c$  promedio=125.88kg/cm<sup>2</sup>, que funcionó a la vez como muestra patrón, por otra parte este tratamiento T03 cumplió con la consistencia requerida para la dosificación. A pesar de no cumplir con la resistencia de sollicitación la aplicación de del tratamiento T03 constituido con 100% de material Checco, resultó favorable ya que en el mapeo del acabado cumplió las condiciones de adherencia y enlucido, por consiguiente se determinó que el mortero de piedra Checco influye significativamente como material de acabado.
- La resistencia a la compresión realizadas en los tratamientos T01 con 75% de material Checco + 25% de arena fina, dieron como resultado en la resistencia a la compresión promedio de  $f'c$ =35.58 kg/cm<sup>2</sup>, el tratamiento T02 con 85% de material Checco + 15% de arena fina, dieron como resultado promedio en la resistencia a la compresión de  $f'c$ =30.05 kg/cm<sup>2</sup>, el tratamiento T03 con 100% de material Checco, dio como resultado promedio de  $f'c$ =19.18 kg/cm<sup>2</sup> y el último tratamiento que es de 100% arena fina, dio como resultado promedio en la resistencia a la compresión de  $f'c$ =125.88 kg/cm<sup>2</sup>.

Se determinó que, las adiciones de material Checco en 75%, 85% y 100% influyen negativamente en la resistencia a la compresión con respecto a la resistencia de diseño de la sollicitación. En base a los resultados del ANOVA confirman la influencia significativa del material Checco en la resistencia a la compresión debido que se aprecia que el nivel de significancia es de 0.0001, el cual es menor a 0.05, a su vez se verificó en la tabla los límites unilaterales de F calculado que resultó 1953.55 mayor al F crítico que es 3.24. Deduciéndose que existe diferencia significativa entre las resistencias de los tratamientos estudiados.

- El desempeño que mostró el material Checco en el enlucido es muy visual, ya que el acabado que se muestra es tipo cara vista, liso, y el agua se escurre con facilidad como si fuera impermeable, además en la etapa de laboratorio la obtuvo una consistencia adecuada a la sollicitación el cual cumplió el rango de asentamiento de 3 a 4 pulgadas por tanda de mezcla para cada tratamiento ensayado.

## Recomendaciones

- Con los resultados favorables obtenidos en la etapa de laboratorio y en la prueba de adherencia y enlucido de la aplicación del agregado fino de piedra Checco en la elaboración de morteros para acabados, se recomienda la utilización de este material con fines de acabados en interiores y exteriores, sin embargo, se deberá tener en consideración que las superficies de aplicación deberán ser humedecidas y frotachadas con una mezcla de cemento y agua en proporción de 1:5 previo a la aplicación del mortero para garantizar una mejor adherencia. En el proceso de curado, se deberá tener en cuenta todas las consideraciones para no dañar las superficies acabadas.
- Si bien es cierto, la resistencia obtenida de los tratamientos con adición de material Checco no fueron favorables, pese a ello, se obtuvo una buena adherencia, es recomendable optar por otros métodos de ensayo a la resistencia a compresión por tratarse de un agregado fino, además es recomendable profundizar el estudio de este material en cuanto a sus propiedades físicas y químicas que lo componen, ya que se estima que la composición de sus limos o granos muy finos influyó en la adherencia, es por ello, que se deberá tomar como posibles futuras investigaciones.
- En el lugar de estudio se recomienda un balance adecuado y responsable en la extracción del material Checco, ya que estos materiales son recursos no renovables y una mala práctica en la extracción podría generar una degradación ambiental negativa.

## Referencias bibliográficas

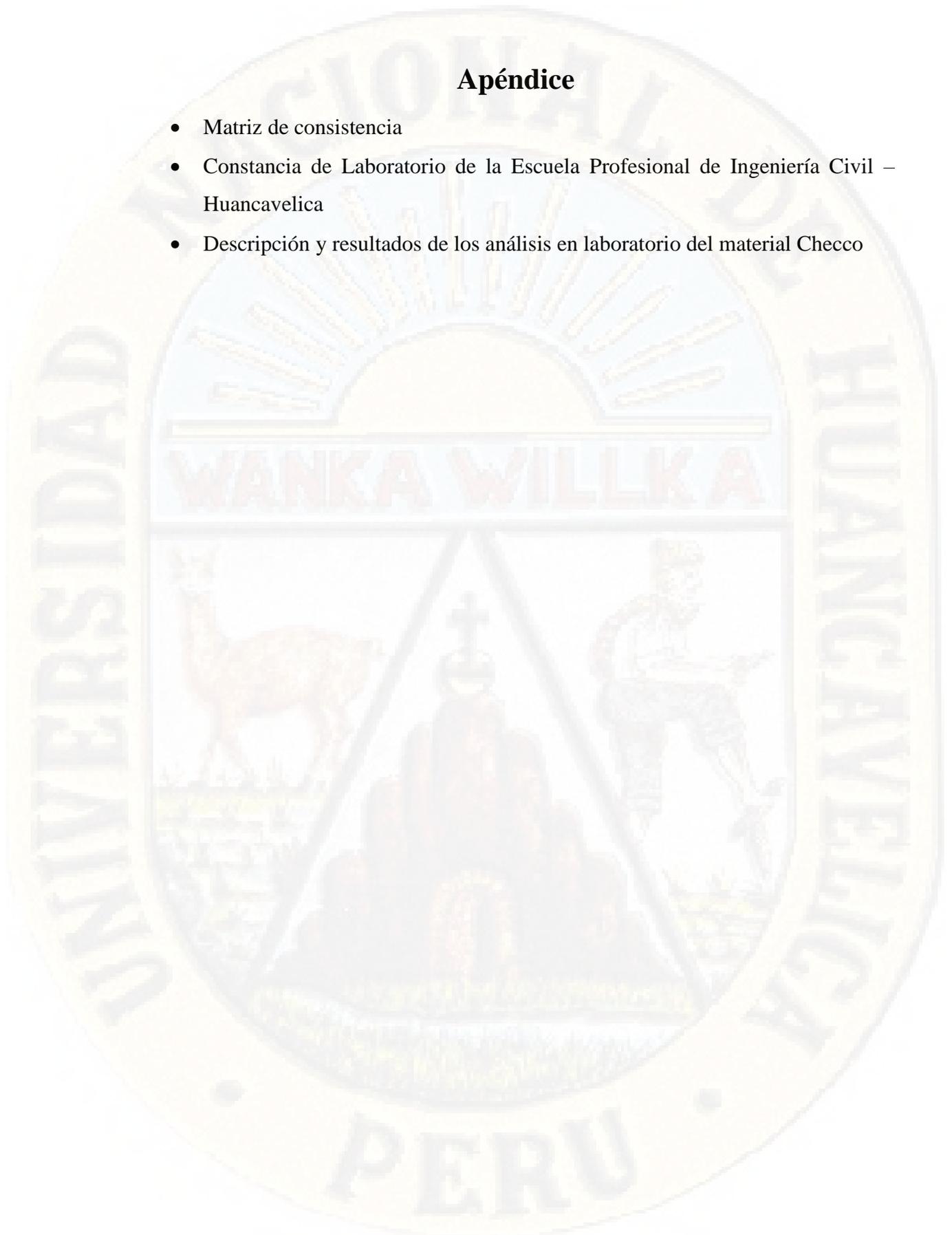
- Alemán, A. (2017). *Resistencia a compresión axial del mortero cemento – arena 1:4 con el reemplazo de vidrio molido*. Cajamarca, Perú.
- Alfaro, C. (2012). *Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería*. Callao, Perú: Universidad Nacional del Callao.
- Álvarez Galindo, J. I., Martín Pérez, A., & García Casado, P. J. (1993). *Historia de los morteros*. Navarra, España.
- American Concrete Institute 211.1. (2002). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*.
- Aquehua Tarco, J. L., & Sucasaca Rodríguez, J. C. (2017). Estudio de los morteros de la portada principal de la catedral del cusco. Cusco, Perú.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales, A. C. (1999). *Especificación estándar para los morteros de mampostería*. Estados Unidos.
- Astocho Mondragón, D. (2017). Efecto del mortero epóxico en la resistencia de concretos de diferente edad". Cajamarca, Perú.
- Behar, R. (2008). *Metodología de la investigación*. Shalom.
- Chávez, E. (2017). *Resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento sustituido en 4% y 8% por la ceniza Phragmites australis "Carrizo"*. Chimbote, Perú.
- concreto, I. S. (2007). *Construcción de vivienda utilizando mampostería de bloque de concreto reforzado*. El Salvador.
- Course Code, B. (2003). Nota de lectura en materiales de ingeniería civil y construcción. Perú.
- Díaz Alayo, J. J., & Rodríguez Reyna, J. S. (2019). Mejoramiento de la resistencia de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, sustituyendo el 10% de arena gruesa por polvo de roca granito de la cantera de Talambo en la ciudad de Chepén-La Libertad. Trujillo, Perú.
- Díaz, J., & Rodríguez, J. (2019). *Mejoramiento de la resistencia de un concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, sustituyendo el 10% de arena gruesa por polvo de roca granito de la cantera de talambo en la ciudad de Chepen – La Libertad*. La Libertad, Perú.
- Ghorbani, S., Taji, I., Tavakkolizadeh, M., Davodi, A., & de Brito, J. (2018). Mejora de la resistencia a la corrosión de las armaduras de acero en hormigón con polvo residual de mármol y granito como reemplazo parcial de cemento. *Elsevier*, 110-119.
- Gómez Dominguez, J. (2017). *Materiales de Construcción*. Monterrey, México.
- Gonzales, A., Oseda, D., Ramírez, F., & Gave, J. (2011). *¿Cómo aprender y enseñar investigación científica?* Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- González, J. (2016). *Estudio del mortero de pega usado en el Cantón Cuenca. propuesta de mejora, utilizando adiciones de Cal*. Cuenca, Ecuador.

- Guido, B. (2018). *Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén*. Chiclayo, Perú.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Herrera, D. (2012). *Diseño del proceso de elaboración de un producto para acabado de paredes, a partir del hidróxido de calcio resultante de la combustión de la piedra Caliza*. Riobamba, Ecuador.
- Levy, S. M. (2002). *Libro de datos en construcción envolvente del edificio y acabados interiores*. New York.
- Li, L., Wang, Y., Tan, Y., Kwan, A., & Li, L. J. (2018). Agregar polvo de granito como reemplazo de pasta para mejorar la durabilidad y la estabilidad dimensional del mortero. *Elsevier*, 269-276.
- López, E., & Gonzáles, B. (2014). *DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS FUNDAMENTOS Y APLICACIONES EN AGRONOMÍA*. Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- López, E., & Mamani, J. (2017). *Influencia del nanosilíce y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno*. Puno, Perú.
- Mashaly, A., Shalaby, B., & Rashwan, M. (2018). Rendimiento de mortero y concreto que incorporan lodo de granito como reemplazo de cemento. *Elsevier*, 800-818.
- Merrit, F., & Ricketts, J. (2000). *Manual de diseño y construcción*. New York, Estados Unidos: Mc GRAW-HILL.
- Molina, K. (2006). *Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno*. Guatemala, Guatemala.
- Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación. Diseño y ejecución*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.012. (2018). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima: INACAL.
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.033. (2009). *HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima: INDECOPI.
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.034. (2015). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Lima: INACAL.
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.035. (2015). *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima: INACAL.
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.185. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima: INDECOPI.

- NORMA TÉCNICA PERUANA 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.
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.022. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima: INDECOPI.
- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.037. (2014). *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima: INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana, E. (2009). *Concreto armado*. Lima.
- Norma Técnica Peruana, N. (1996). *Unidades de albañilería. Especificación normalizada para morteros*.
- Olmo Rodríguez, C. (1994). *Control de calidad de los morteros*. Madrid.
- Pacheco, A., & Cruz, C. (2006). *Metodología crítica de la investigación. Lógica, procedimientos y técnicas*. México, D.F., México: Compañía Editorial Continental.
- Programa de las naciones unidas para el medio ambiente (ONU). (2019). *Panorama de los recursos globales 2019: Recursos naturales para el futuro que queremos*. Nairobi.
- Rodriguez Mora, O. (s.f.). *La Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero*.
- Rodriguez Mora, O. (2003). *Tecnología de los morteros*. Madrid, España.
- ROJAS, L., & VENTURA, L. (2017). *Utilización del relave minero para la elaboración de bloques de concreto tipo ensamblable*. Huancavelica.
- Salamanca Correa, R. (2001). *La tecnología de los morteros*. Bogotá, Colombia.
- Tejela Juez, J., & De Arteaga Garrido, I. (2010). *Acabados de obra-Acabados exteriores*. Madrid: España.
- Tolchinsky, E., & Gonzales, J. (2016). *Revoques y enlucidos. INTEGRAL (Instituto del Diseño Integral), 02*.
- UNACEM. (2020). *CEMENTO ANDINO PRMIUM. UNACEM CONSTRUYENDO OPORTUNIDADES, 2*.
- Velarde, A. (2017). *Evaluación del polvo de aluminio fundido sobre el asentamiento, compresión, densidad, absorción en un concreto ligero, Trujillo-2017*. Trujillo, Perú.
- Venkateswara, R., & Vishnukanth, M. (2018). *Materiales de construcción (para el curso del agua suministro e ingeniería sanitaria)*. Rusia: Murali Krishna.

## Apéndice

- Matriz de consistencia
- Constancia de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Huancavelica
- Descripción y resultados de los análisis en laboratorio del material Checco





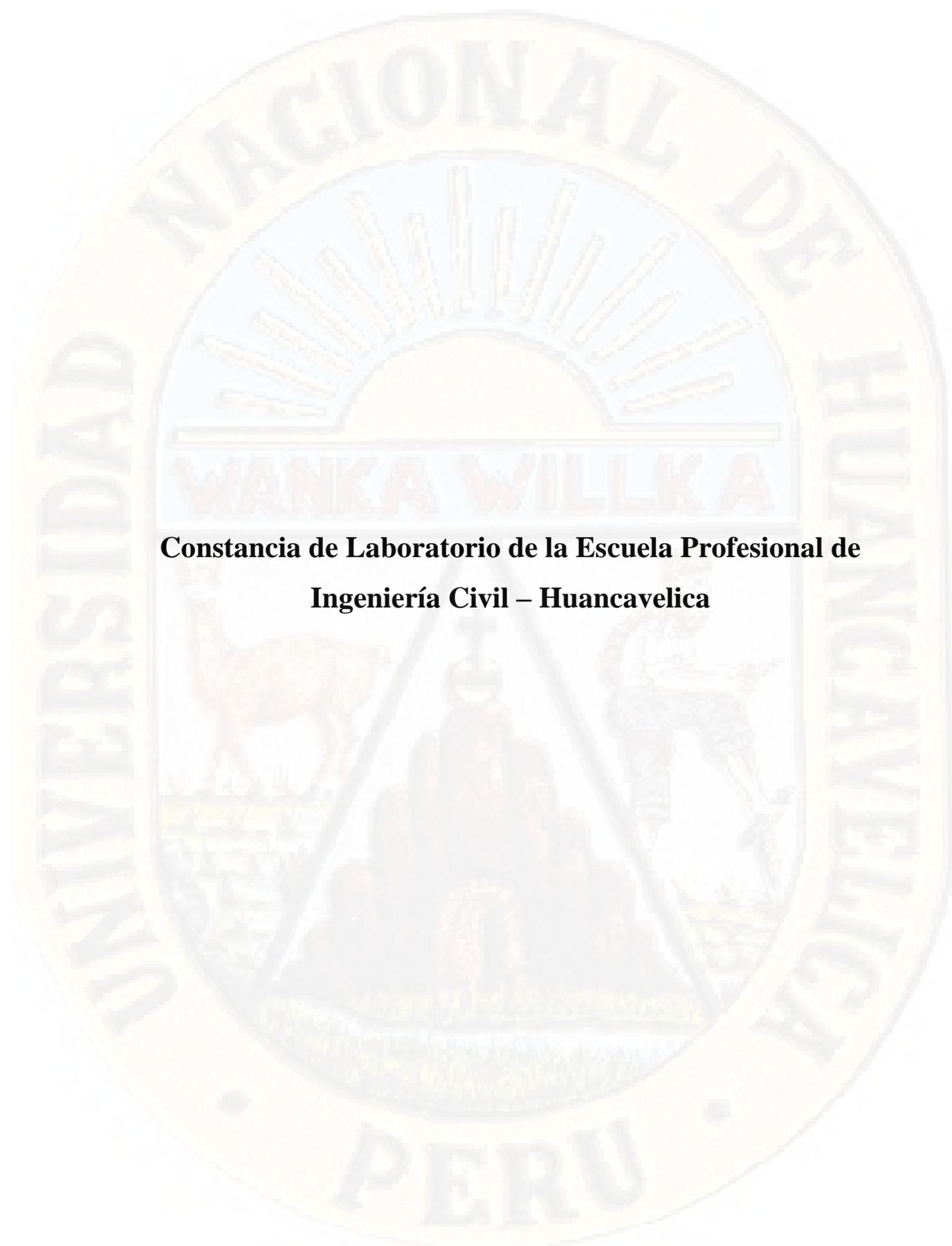
**Matriz de consistencia**

Tabla 65. Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO: <i>INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO</i>						
Definición del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología	Población y muestra	Técnicas e Instrumentos
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Identificación de variables			
¿De qué manera <b>influye</b> el mortero de piedra Checco como material de acabado?.	<b>Determinar la influencia</b> del mortero de piedra Checco como material de acabado.	El mortero de piedra Checco influirá <b>significativamente</b> como material de acabado.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Mortero de piedra Checco  <b>DIMENSIONES</b> Granulometría  <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> Material de acabado	<b>Tipo de investigación:</b> - Aplicada <b>Nivel de investigación:</b> Explicativo <b>Método de investigación:</b> Método científico-experimental. <b>Diseño de investigación:</b> <b>Cuasi experimental</b> - Con post test y grupos intactos	<b>Población</b> Canteras del distrito de Paucará  <b>Muestra</b> Una cantera más distintiva del distrito de Paucará, del cual se elaborarán 20 testigos de mortero para acabados, de los cuales 15	<b>Técnicas</b> - Observación directa e indirecta. - Técnicas nacionales e internacionales (normas ASTM y NTP respectivamente)  <b>Instrumentos</b>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS:	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS				
1. ¿De qué manera <b>influye</b> el mortero de piedra Checco en la <b>adherencia</b> como material de acabado?	1. <b>Determinar la influencia</b> del mortero de piedra Checco en la <b>adherencia</b> como material de acabado.	1. El mortero de piedra Checco <b>influirá significativamente</b> en la <b>adherencia</b> como material de acabado.				

<p>2. ¿De qué manera <b>influye</b> el mortero de piedra Checco en el <b>enlucido</b> como material de acabado ?</p>	<p>2. <b>Determinar la influencia</b> del mortero de piedra Checco en el <b>enlucido</b> como material de acabado.</p>	<p>2. El mortero de piedra Checco influirá <b>significativamente</b> en el <b>enlucido</b> como material de acabado.</p>	<p><b>DIMENSION ES:</b> Adherencia enlucido</p>	<p>- Esquema del diseño específico: <b>GE X O<sub>1</sub></b> <b>GC O<sub>2</sub></b></p> <p>Donde: GE: Grupo experimental GC: Grupo experimental</p> <p>O1 y O2: Mediciones del post test X: Manipulación o desarrollo de la variable independiente.</p>	<p>serán netamente para el grupo experimental y 5 serán netamente para el grupo control</p> <p><b>Muestreo</b> No probabilístico Se tratará con el muestreo no probabilístico del tipo muestreo por conveniencia o intencionado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ficha de observación.</li> <li>- Probetas</li> <li>- Fichas bibliograficos</li> <li>- Ensayos en laboratorios</li> <li>- Normas ACI</li> </ul> <p><b>Procedimiento de recolección de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se utilizarán 20 probetas.</li> <li>- Ensayo de compresión.</li> </ul>
--	--	--	---	---	---	--

Fuente: elaboración propia.



**Constancia de Laboratorio de la Escuela Profesional de  
Ingeniería Civil – Huancavelica**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA**

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCVELICA**

ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH



“AÑO DE LA UNIVERSALIZACION DE LA SALUD”

EL JEFE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCVELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA, otorga la presente:

## CONSTANCIA

A: **QUISPE MENDOZA, Angel y REYES RAMIREZ, Leyter Antony**, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido con el desarrollo los siguientes ensayos en el laboratorio de **TECNOLOGÍA DEL CONCRETO** de la EPICH:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ANÁLISIS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	02
2	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	02
3	ANÁLISIS DE PESO UNITARIO SUELTO	02
4	ANÁLISIS DE PESO UNITARIO COMPACTO	02
5	ANÁLISIS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO	02
6	ANÁLISIS DE COMPRESION DIGITAL DE TESTIGOS DE CONCRETO	20

Durante los meses de agosto 2019 a febrero de 2020, del proyecto de tesis: “INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO”.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para fines que estimen por conveniente.

Huancavelica, 04 de diciembre de 2020.



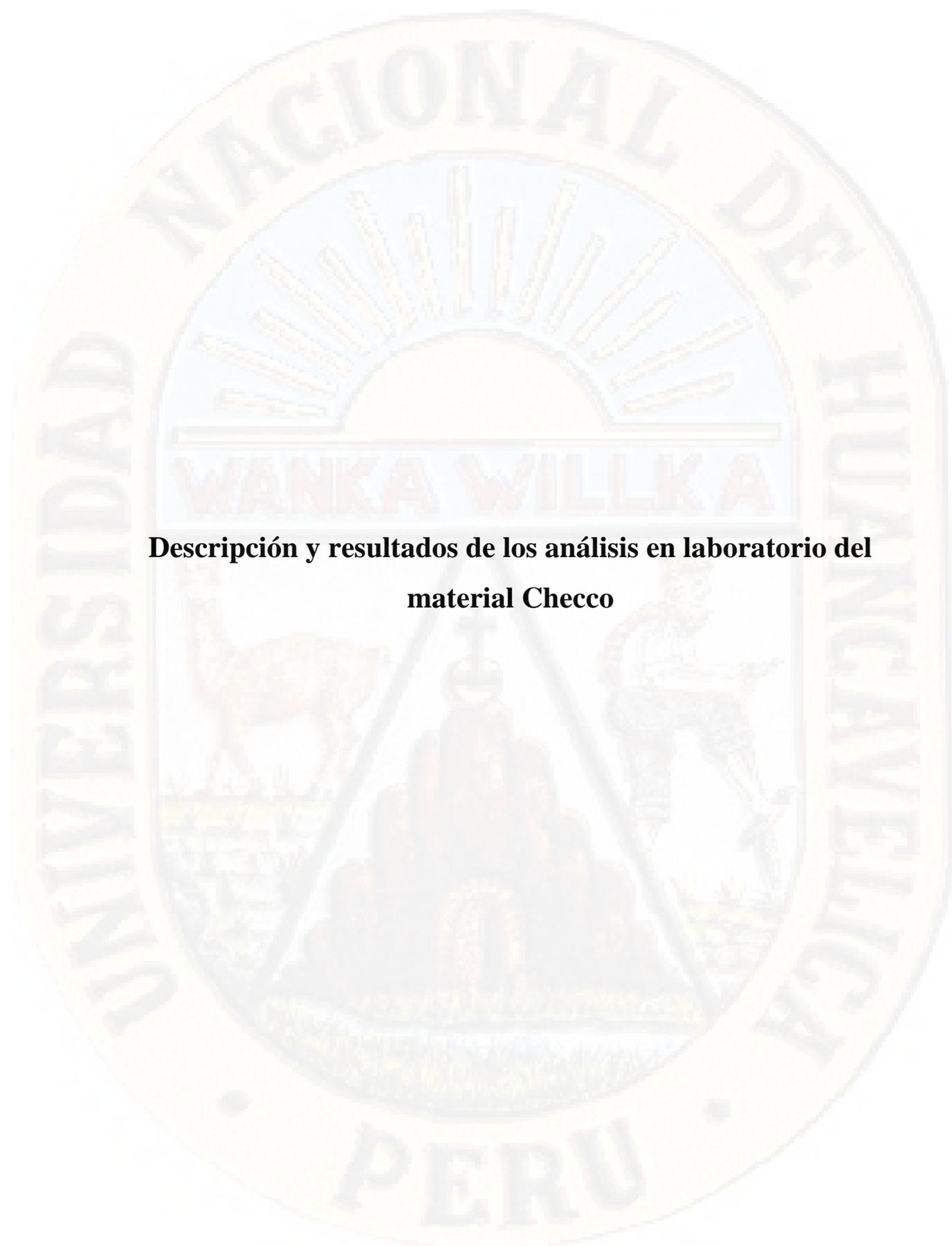
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA  
ÁREA DE PRODUCCIÓN



*Ing. Edith Feliza Huamani Serpa*  
JEFE

Nº 004-2020

C. c.  
Archivo  
AP



**Descripción y resultados de los análisis en laboratorio del  
material Checco**



Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S20 - 156

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO : PROYECTO DE TESIS "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO".
UBICACION : DIST.: PAUCARÁ, PROV.: ACOBAMBA, DPTO.: HUANCVELICA
FECHA : 26 DE FEBRERO 2020

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : Paucará
Muestra : M-1
Prof. (m.) : 1.50

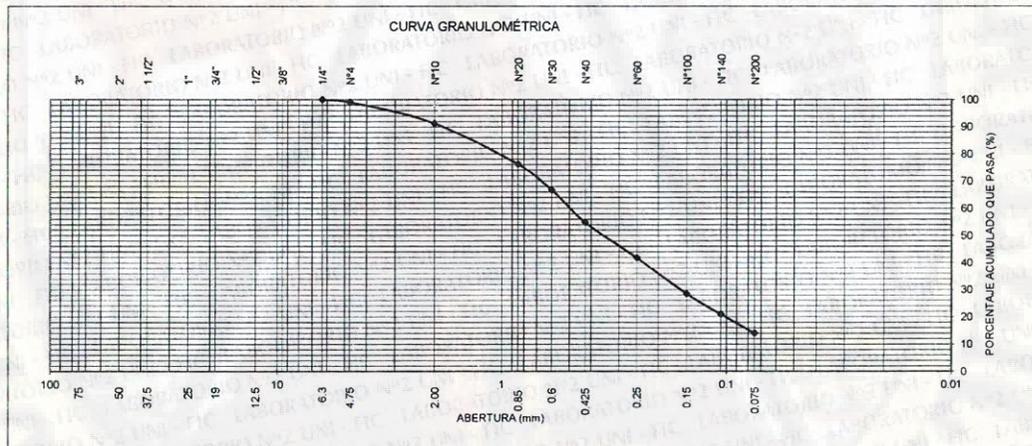
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - REFERENCIA ASTM D6913 / D6913M
Procedimiento interno AT-PR.4 - Método "B"

Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (%) Parcial Retenido, (%) Acumulado Retenido, (%) Acumulado Pasa. Rows include various sieve sizes from 3" down to FONDO.

Summary table: % Grava : 0.9, % Arena : 85.1, % Finos : 14.0

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318
Procedimiento interno AT-PR.5
Límite Líquido : NP
Límite Plástico : NP
Índice Plástico : NP

Clasificación SUCS ASTM D2487 : SM



Nota:
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Ejecución : Téc. W. Oblitas H.
Aprobación : Ing. D. Basurto R.



Handwritten signature of Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS

Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI





### LABORATORIO QUÍMICO FIC

### ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

REGISTRO: S20-156 / LQU224

PROYECTO: PROYECTO DE TESIS "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"

UBICACIÓN: DISTRITO DE PAUCARA, PROVINCIA DE ACOBAMBA, DEPARTAMENTO DE HUANCVELICA

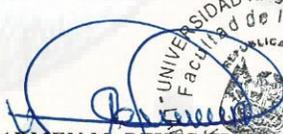
TIPO DE MUESTRA: SUELO

CANTERA: PAUCARÁ

RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 20-02-20

ANÁLISIS DE:	CLORUROS Cl <sup>-</sup>	SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	SALES SOLUBLES TOTALES
	ASTM D 512 AASHTO T 291	ASTM E 516 AASHTO T 290	MTC E 219
	ppm	ppm	ppm
TIPO DE MUESTRA:  SUELO CANTERA: PAUCARÁ	108	1 280	1 456

Lima, 21 de Febrero del 2020

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
Facultad de Ingeniería Civil  
CARMEN M. REYES CUBAS  
MSc. ING. JEFA (e) DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la UNI FIC

El Laboratorio no responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra



### LABORATORIO QUÍMICO FIC

### ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

REGISTRO: S20-156 / LQU224

PROYECTO: PROYECTO DE TESIS "INFLUENCIA DEL MORTERO DE PIEDRA CHECCO COMO MATERIAL DE ACABADO"

UBICACIÓN: DISTRITO DE PAUCARA, PROVINCIA DE ACOBAMBA, DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA

TIPO DE MUESTRA: SUELO

CANTERA: PAUCARÁ

RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 26-02-20

ANÁLISIS DE:	CLORUROS Cl <sup>-</sup>	SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	SALES SOLUBLES TOTALES
	ASTM D 512 AASHTO T 291	ASTM E 516 AASHTO T 290	MTC E 219
	%	%	%
TIPO DE MUESTRA:			
SUELO			
CANTERA:			
PAUCARÁ	0,01	0,12	0,14

Lima, 21 de Febrero del 2020

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
Facultad de Ingeniería Civil  
CARMEN M. REYES CUBAS  
MSc. ING. JEFA (e) DEL LABORATORIO  
Laboratorio de Química de la UNI-FIC

El Laboratorio no responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra