



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS
DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON
RESIDUOS DE MÁRMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20%
PRODUCTO DE LA EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA DE
CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI- CUSCO.

Presentado por:

Bach. Nory Baca Sotomayor

“Para optar el título profesional de
Ingeniero Civil.”

Asesor:

Mg. Ing. Jorge Álvarez Espinoza

CUSCO – PERÚ

2019



Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres Antonino Baca Cruz y Fortunata Sotomayor Guillén, por su apoyo incondicional, por sus enseñanzas que quedaron en mí, por haberme educado en valores y ser la persona que hoy soy.

A mi esposo Brusce Abelardo Mendoza Escalante por su apoyo, amor, comprensión y haber compartido conmigo momentos inolvidables e importantes en mi carrera profesional.

A mí amada hija Ariana Elisa Mendoza Baca por ser fuente de motivación para crecer día a día en mi vida personal y profesional.

A mis hermanos Yeni, Fany, José Antonio, Susy y Yadira, por el apoyo que siempre me brindaron en toda mi carrera universitaria.



Agradecimientos

Primeramente agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí, y bendecido con la fuerza y bienestar para poder culminar este trabajo.

A mi asesor de tesis el ingeniero Jorge Álvarez Espinoza, por su dedicación y orientación, quien con su vocación, experiencia y paciencia supo guiarme en esta investigación.

A mis dictaminantes a la Ing. María Milagros Olazával Rodríguez y al Ing. César Augusto Chura Cortez, por su orientación y soporte que han sido de mucha importancia y que me permitió concluir favorablemente mi trabajo de investigación.

A la Universidad Andina del Cusco y a su Escuela Profesional de Ingeniería Civil y a toda su plana docente por haberme formado de manera íntegra en conocimientos y valores.

Al ingeniero Camilo Mendoza Escalante, por su apoyo y orientación para que finalice este trabajo de investigación.

A mi suegra la señora Elisa Escalante Frisancho y cuñados Mijail y Sandro Mendoza e Yselda Torres, por sus recomendaciones y el apoyo brindado con mi pequeña hija en los momentos que me ausenté.



Resumen

Esta investigación se centró en el estudio de las propiedades físico-mecánicas del mortero elaborado con residuos de mármol, en porcentajes de 10%, 15% y 20%, con respecto al cemento, comparando con un mortero tradicional elaborado con cemento Pórtland tipo IP.

Para esto se utilizó agregados combinados de la cantera de Cunyac (70%) y Vicho (30%), previamente, se realizó los ensayos de granulometría y módulo de fineza, peso específico y absorción, contenido de humedad, peso unitario. Para obtener valores, de estas propiedades de los agregados, para el diseño del mortero, luego, se determinó la variación de la resistencia a la adherencia por flexión del mortero a los 28 días elaborado con residuos de mármol con respecto a un mortero tradicional. También, se construyó las curvas de desarrollo de las resistencias a la compresión y flexión a los 7, 14, 21 y 28 días con respecto a un mortero tradicional. Seguidamente se determinó la variación en porcentaje de la fluidez del mortero patrón y experimental. Finalmente se identificó la cantidad óptima del residuo de mármol con respecto al peso del cemento donde no alteren las resistencias finales. Para el ensayo de resistencia a la adherencia por flexión, se construyó pilas a base de ladrillos de arcilla cocida tipo King Kong de 18 huecos de 24x12x9cm para muros portantes, utilizando la norma ASTM E 518. Para el ensayo de resistencia a la compresión se fabricó moldes cúbicos de 5cm de lado como indica la norma NTP 334.051, para el moldeado del mortero, para el mortero experimental en diferentes porcentajes y para el mortero patrón. Para el ensayo de resistencia a la flexión se utilizó moldes prismáticos de 4x4x16cm como indica la norma NTP334.120. Para el ensayo de fluidez se determinó dicho análisis de los morteros preparados para el ensayo de resistencia a la compresión y flexión, según la norma NTP 334.057.

A las conclusiones que se llegaron fueron para la adherencia por flexión al 15 % de sustitución de residuos de mármol se evidencia un aumento de la resistencia con respecto al mortero patrón en un 7.05 %, además, en el ensayo de resistencia a la compresión, a partir del 20 % de sustitución con residuos de mármol empieza a descender. Por otra parte, en la resistencia a la flexión del mortero experimentan unas ligeras mejoras con respecto al mortero patrón para contenidos menores al 20 % de sustitución. Finalmente, para el ensayo de fluidez se aprecia que con la sustitución del 10 % de residuos de mármol en el mortero, con una relación a/c de 0.55 alcanza una fluidez de 119.37%. En efecto, está dentro del rango de 100 – 120% de fluidez recomendada para el asentado de unidades de albañilería.

Palabras Clave: Mortero, residuos de mármol, cemento Pórtland, adherencia, resistencia, fluidez.



Abstract

This research focused on the study of the physical-mechanical properties of the mortar made with marble residues, in percentages of 10%, 15% and 20%, with respect to cement, compared with a traditional mortar made with Portland IP Type cement.

For this, combined aggregates from the Cunyac quarry (70%) and Vicho (30%) were used. Previously, granulometry and fineness modulus, specific weight and absorption, moisture content, unit weight were tested. To obtain values, of these properties of the aggregates, for the design of the mortar, then, the variation of the resistance to the adhesion by bending of the mortar was determined after 28 days made with marble residues with respect to a traditional mortar. Also, the development curves of compressive and flexural strengths were constructed at 7, 14, 21 and 28 days with respect to a traditional mortar. Next, the variation in percentage of the fluidity of the standard and experimental mortar was determined. Finally, the optimal amount of the marble residue was identified with respect to the weight of the cement where the final strengths do not alter.

For the test of resistance to the adhesion by flexion, piles based on cooked clay bricks of King Kong type of 18 holes of 24x12x9cm for bearing walls were constructed, using the standard ASTM E 518. For the test of resistance to compression was manufactured 5cm cubic molds per side as indicated by NTP 334.051, for the molding of the mortar, for the experimental mortar in different percentages and for the standard mortar. For the flexural strength test, 4x4x16cm prismatic molds were used as indicated by NTP334.120.

For the fluidity test, said analysis of the mortars prepared for the compression and flexural strength test was determined, according to NTP 334.057.

The conclusions reached were for the adhesion by bending to 15% of substitution of marble residues, an increase in resistance with respect to the standard mortar is evidenced by 7.05%, in addition, in the compression resistance test, a From 20% of substitution with marble residues begins to descend. On the other hand, in the resistance to bending of the mortar they experience slight improvements with respect to the standard mortar for contents less than 20% substitution. Finally, for the fluidity test, it can be seen that with the replacement of 10% marble residues in the mortar, with a / c ratio of 0.55, it reaches a fluidity of 119.37%. In fact, it is within the range of 100-120% of fluidity recommended for laying masonry units.

Keywords: Mortar, marble waste, Pórtland cement, adhesion, resistance, fluency



Introducción

La actividad industrial de la construcción es una de las actividades que más recursos naturales consume, muchas veces es excesivo y estos van generando una acumulación de residuos, que mientras pasan los años van provocando un impacto negativo medioambiental principalmente al suelo, por falta de tratamientos adecuados y manejos de reutilización de residuos.

Esta investigación se centra en la cantera de mármol del cerro Cullpahuanca ubicada en el distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchi, departamento del Cusco, de donde se extrae el mármol para ser utilizados en diferentes actividades como: objetos de decoración, esculturas, monumentos, acabados en viviendas, encimeras, lápidas, revestimientos, cerámicas, jardinería, etc.

El mármol es un mineral no metálico de origen metamórfico que por su alto contenido de carbonato de calcio o caliza, es compatible para la fabricación de cemento, cal, o como agregado en concreto, fabricación de ladrillos, etc.

La universalidad y versatilidad del uso del mortero de albañilería para la fabricación de muros en nuestro ámbito viene en aumento, sin embargo, a la par se ha visto defectos del mortero que en algún momento después de su construcción presentan agrietamientos, eflorescencia por ataque de sulfatos, menor durabilidad (permeabilidad), fisuras en acabados por falta de adherencia entre el mortero y las unidades de albañilería además, nuestra norma técnica E.070 Albañilería no contempla un diseño de mezclas para mortero, únicamente nos da proporciones de cada material que la compone, también la baja calidad de materiales, por la baja calidad de materiales, por la mano de obra no calificada y la falta de control de calidad, como si se da para el concreto. En efecto, es significativo el contribuir en la mejora de las propiedades físico-mecánicas del mortero, como en la resistencia a la compresión y flexión, interacción unidad-mortero, la trabajabilidad, la adherencia como propiedad principal del mortero la que absorbe esfuerzos de tracción producidas por fuerzas de viento, eventos sísmicos, y cargas del mismo sistema estructural.

El objetivo fundamental de esta investigación será el estudio comparativo del mortero tradicional con respecto al mortero sustituido con residuos de mármol en peso del cemento, donde, se evaluarán sus propiedades fundamentales como: Resistencia a compresión y flexión, resistencia a adherencia por flexión, módulo de ruptura, variación de la fluidez, siguiendo la normativa: RNE E.070 Albañilería, NTP (Norma Técnica Peruana) y ASTM (American Society for Testing and Materials).



Frente a todos los problemas antes mencionados se propone la presente investigación denominada: “Estudio comparativo de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento Pórtland tipo IP elaborado con residuos de mármol en porcentajes del 10%, 15% y 20% producto de la explotación de la cantera de Cullpahuanca - Quiquijana Quispicanchi - Cusco”.

Esta investigación se dividirá en 5 capítulos: El primero referente al planteamiento del problema, conteniendo descripción del problema, justificación e importancia, limitaciones de la investigación, objetivos de la investigación, hipótesis y definición de variables, El capítulo 2, se referirá al marco teórico de la investigación donde se verá los antecedentes a la tesis de investigación a nivel nacional e internacional y toda la teoría que sustenta dicha investigación como: Definiciones, requisitos, métodos, procedimientos de los ensayos, referencias normativas y otros sustentos requeridos por la investigación, El capítulo 3, donde se realizará la metodología de la investigación, así como, el enfoque, nivel y método, diseño de investigación metodológico y de ingeniería, población y muestra, criterios de inclusión, instrumentos, recolección y análisis de datos realizados en la presente investigación, El capítulo 4, se hará un resumen de los resultados obtenidos de los ensayos realizados en la investigación, El capítulo 5, es la parte de discusión de la investigación, donde los resultados que se obtendrán se contrastarán con las hipótesis y el marco teórico elaborados en capítulos anteriores.



Índice general

Dedicatoria	II
Agradecimientos.....	III
Resumen	IV
Abstract	V
Introducción	VI
Capítulo I: Planteamiento del problema	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.2. Formulación interrogativa del problema	2
1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general	2
1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos	2
1.2. Justificación e importancia de la investigación.	3
1.2.1. Justificación técnica	3
1.2.2. Justificación por relevancia social.....	3
1.2.3. Justificación por viabilidad	4
1.2.4. Justificación por relevancia.....	4
1.3. Limitaciones de la investigación.....	4
1.3.1. Limitaciones geográficas.....	4
1.3.2. Limitaciones con respecto a los materiales	6
1.3.3. Limitaciones con respecto a los ensayos	7
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos.....	7
Capítulo II: Marco teórico	8
2.1. Antecedentes de la tesis	8
2.1.1. Antecedentes a nivel nacional	8
2.1.2. Antecedentes a nivel internacional.....	9
2.2. Bases teórico – científicas	12
2.2.1. El mortero.....	12
2.2.1.1. Evolución en la fabricación de morteros.....	13



2.2.1.2.	Función del mortero	13
2.2.1.3.	Clasificación del mortero de cemento	13
2.2.1.3.1.	Mortero tipo M	14
2.2.1.3.2.	Mortero tipo S	14
2.2.1.3.3.	Mortero tipo N	14
2.2.1.3.4.	Mortero tipo O	14
2.2.1.2.	Mortero de cemento	15
2.2.1.2.1.	Mortero de cemento de albañilería	15
2.2.1.2.2.	Morteros de albañilería	15
2.2.1.3.	Usos del mortero	15
2.2.1.3.1.	Mortero de pega	16
2.2.1.4.	Componentes del mortero	16
2.2.1.4.1.	Cemento	16
2.2.1.4.2.	Agregado fino	19
2.2.1.4.3.	Agua	24
2.2.1.4.4.	Adiciones	25
2.2.1.5.	Diseño del mortero de cemento	26
2.2.1.5.1.	Selección de la fluidez	26
2.2.1.5.2.	Determinación de la resistencia de dosificación	26
2.2.1.5.3.	Selección de la relación agua cemento	27
2.2.1.5.4.	Estimación del contenido de cemento	28
2.2.1.5.5.	Cálculo de la cantidad de agua	28
2.2.1.5.6.	Cálculo del contenido de agregado	28
2.2.1.5.7.	Cálculo de las proporciones iniciales	29
2.2.1.6.	Propiedades del mortero	29
2.2.1.6.1.	Resistencia a la adherencia por flexión	29
2.2.1.6.2.	Consistencia (temple o fluidez)	32
2.2.1.6.3.	Resistencia a la compresión	33
2.2.1.6.4.	Resistencia a la flexión	34
2.2.1.6.5.	Curado del mortero	34
2.2.2.	Mármol	35
2.2.2.1.	Características del mármol	35
2.2.2.2.	Composición mineralógica	36
2.2.2.2.1.	Descripción petrográfica y química del mármol de la cantera de Cullpahuanca ..	36



2.2.2.3.	Mármol de wollastonita.....	38
2.2.2.4.	Mármol gris	39
2.2.2.5.	Utilización del mármol.....	40
2.3.	Hipotesis	41
2.3.1.	Hipótesis general	41
2.3.2.	Sub hipótesis	41
2.4.	Definición de variables.....	41
2.4.1.	Variables independientes.....	41
2.4.1.1.	Indicadores de variables independientes	42
2.4.2.	Variables dependientes.....	42
2.4.2.1.	Indicadores de variables dependientes	42
2.4.3.	Cuadro de operacionalización de variables	43
Capítulo III: Metodología.....		45
3.1.	Metodología de la investigación	45
3.1.1.	Enfoque de la investigación	45
3.1.2.	Nivel o alcance de la investigación	45
3.1.3.	Método de investigación	45
3.2.	Diseño de la investigación.....	45
3.2.1.	Diseño metodológico.....	45
3.2.2.	Diseño de ingeniería.....	46
3.3.	Población y muestra	47
3.3.1.	Población.....	47
3.3.1.1.	Descripción de la población	47
3.3.1.2.	Cuantificación de la población.....	47
3.3.2.	Muestra.....	47
3.3.2.1.	Descripción de la muestra	47
3.3.2.2.	Cuantificación de la muestra	47
3.3.2.3.	Método de muestreo	48
3.3.2.4.	Criterios de evaluación de la muestra.....	48
3.3.3.	Criterios de inclusión	49
3.4.	Instrumentos.....	50
3.4.1.	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	50
3.4.1.1.	Granulometría y módulo de fineza	50



3.4.1.2.	Peso específico y absorción.....	51
3.4.1.3.	Contenido de humedad.....	52
3.4.1.4.	Peso unitario.....	53
3.4.1.5.	Resistencia a la adherencia por flexión.....	54
3.4.1.6.	Resistencia a la compresión.....	55
3.4.1.7.	Resistencia a la flexión del mortero.....	56
3.4.1.8.	Fluidez del mortero patrón y experimental.....	57
3.4.2.	Instrumentos de ingeniería.....	58
3.4.2.1.	Equipo de compresión.....	58
3.4.2.2.	Agitador mecánico de tamices.....	58
3.4.2.3.	Serie de tamices.....	59
3.4.2.4.	Horno eléctrico.....	59
3.4.2.5.	Balanza.....	60
3.4.2.6.	Bomba de vacíos.....	60
3.4.2.7.	Mesa de flujo.....	60
3.4.2.8.	Molde de flujo.....	61
3.4.2.9.	Moldes cúbicos.....	61
3.4.2.10.	Moldes prismáticos.....	62
3.4.2.11.	Vernier.....	62
3.5.	Procedimiento de recolección de datos.....	63
3.5.1.	Procedimiento para la extracción de residuos de mármol.....	63
3.5.1.1.	Equipos y materiales.....	63
3.5.1.2.	Acopio de los residuos de mármol en la cantera Cullpahuanca (Quiquijana).....	63
3.5.1.3.	Carguío y transporte de los residuos de mármol.....	64
3.5.1.4.	Molienda de los residuos de mármol.....	65
3.5.1.5.	Homogeneización de los residuos de mármol.....	66
3.5.2.	Propiedades físicas del agregado fino de Cunyac y Vicho.....	67
3.5.2.1.	Ensayo de la granulometría del agregado fino de la Cantera de Cunyac y Vicho.....	67
3.5.2.1.1.	Equipos y materiales.....	67
3.5.2.1.2.	Procedimiento.....	67
3.5.2.1.3.	Datos obtenidos.....	70
3.5.2.2.	Ensayo de peso unitario de los agregados finos de Cunyac y Vicho.....	73
3.5.2.2.1.	Equipos y materiales.....	73
3.5.2.2.2.	Procedimiento.....	73



3.5.2.2.3.	Datos obtenidos	76
3.5.2.3.	Ensayo de peso específico y absorción de los agregados de Cunyac y Vicho	82
3.5.2.3.1.	Equipos y materiales	82
3.5.2.3.2.	Procedimiento.....	82
3.5.2.3.3.	Datos obtenidos	85
3.5.2.4.	Ensayo de contenido de humedad de los agregados finos de Cunyac y Vicho.....	88
3.5.2.4.1.	Equipos y materiales	88
3.5.2.4.2.	Procedimiento.....	88
3.5.2.4.3.	Datos obtenidos	90
3.5.3.	Propiedades y ensayos del mortero	93
3.5.3.1.	Diseño de mezclas del mortero	93
3.5.3.1.1.	Materiales	93
3.5.3.1.2.	Determinación de la resistencia promedio para mortero $f'c= 175\text{kg}/\text{CM}^2$	93
3.5.3.1.3.	Selección de la fluidez.....	93
3.5.3.1.4.	Selección de la relación agua-cemento	93
3.5.3.1.5.	Contenido de cemento	95
3.5.3.1.6.	Cantidad de agua	95
3.5.3.1.7.	Cálculo de volumen de arena	95
3.5.3.1.8.	Valores de diseño	95
3.5.3.1.9.	Proporción en peso seco.....	96
3.5.3.1.10.	Corrección por humedad del agregado.....	96
3.5.3.1.11.	Proporción en peso corregido por humedad.....	96
3.5.3.1.12.	Costos de producción del mortero.....	99
3.5.3.2.	Ensayo de resistencia a la adherencia por flexión.....	101
3.5.3.2.1.	Objetivo	101
3.5.3.2.2.	Equipos y materiales	101
3.5.3.2.3.	Muestra.....	101
3.5.3.2.4.	Procedimiento.....	101
3.5.3.2.5.	Datos obtenidos	107
3.5.3.3.	Ensayo de resistencia a compresión	111
3.5.3.3.1.	Objetivo	111
3.5.3.3.2.	Equipos y materiales	111
3.5.3.3.3.	Muestra.....	111
3.5.3.3.4.	Procedimiento.....	111



3.5.3.3.5.	Datos obtenidos	115
3.5.3.4.	Ensayo de resistencia a la flexión del mortero	131
3.5.3.4.1.	Objetivo	131
3.5.3.4.2.	Equipos y materiales	131
3.5.3.4.3.	Muestra.....	131
3.5.3.4.4.	Procedimiento.....	131
3.5.3.4.5.	Datos obtenidos	135
3.5.3.5.	Ensayo de fluidez del mortero de cemento	151
3.5.3.5.1.	Objetivo	151
3.5.3.5.2.	Equipos y herramientas.	151
3.5.3.5.3.	Muestra.....	151
3.5.3.5.4.	Procedimiento.....	151
3.5.3.5.5.	Datos obtenidos	153
3.6.	Procedimiento de análisis de datos.....	157
3.6.1.	Ensayos del agregado fino.....	157
3.6.1.1.	Ensayo de granulometría y módulo de fineza	157
3.6.1.2.	Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino	161
3.6.1.3.	Ensayo de contenido de humedad	164
3.6.1.4.	Ensayo de peso unitario del agregado fino.....	165
3.6.2.	Ensayos para el mortero de cemento	167
3.6.2.1.	Ensayo de adherencia por flexión	167
3.6.2.2.	Ensayo de resistencia a la compresión de morteros de cemento.....	172
3.6.2.3.	Ensayo de resistencia a la flexión	178
3.6.2.4.	Ensayo de fluidez del mortero.....	184
Capítulo IV: Resultados.....		186
4.1.	Resultados de las propiedades físicas de los agregados	186
4.2.	Resultados de las Propiedades Físicas - Mecánicas del Mortero	187
4.2.1.	Resultados de la adherencia por flexión del mortero	187
4.2.2.	Resultados de la resistencia a compresión de morteros	188
4.2.3.	Resultados de la resistencia a flexión de morteros.....	189
4.2.4.	Resultados de fluidez del mortero	190



Capítulo V: Discusión	191
Glosario.....	194
Conclusiones	201
Recomendaciones.....	203
Referencias bibliográficas	205
Referencias de internet	208
Anexos.....	209
Matriz de consistencia.....	210
Panel fotográfico	213
Fotografías microscópicas de las rocas	220
Descripción petrográfica de muestras	223



Índice de tablas

Tabla 1.	Especificación por propiedades según la norma ASTM C 270	14
Tabla 2.	Composición química del cemento	16
Tabla 3.	Porcentaje que pasa en la malla según ASTM E-11 y norma E-070	20
Tabla 4.	Fluidez recomendada para morteros	26
Tabla 5.	Resultados de los ladrillos tipo King Kong de 18 huecos de LATESA.....	30
Tabla 6.	Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	30
Tabla 7.	Operacionalización de la variable independiente.....	43
Tabla 8.	Operacionalización de la variable dependiente.....	44
Tabla 9.	Cantidad de especímenes por tipo de mortero y ensayos.....	49
Tabla 10.	Ficha de recolección de datos para granulometría del agregado fino	50
Tabla 11.	Ficha de recolección de datos para peso específico del agregado fino	51
Tabla 12.	Ficha de recolección de datos para contenido de humedad	52
Tabla 13.	Ficha de recolección de datos para peso unitario del agregado fino.....	53
Tabla 14.	Ficha de recolección de datos de la resistencia a la adherencia por flexión	54
Tabla 15.	Ficha de recolección de datos para la resistencia a la compresión del mortero	55
Tabla 16.	Ficha de recolección de datos para resistencia a la flexión del mortero	56
Tabla 17.	Ficha de recolección de datos para la fluidez del mortero	57
Tabla 18.	Datos del análisis granulométrico del agregado de la cantera de Vicho.....	71
Tabla 19.	Datos del análisis granulométrico del agregado de la cantera de Cunyac	72
Tabla 20.	Datos del peso unitario compactado del agregado de Vicho	76
Tabla 21.	Datos del peso unitario suelto del agregado de Cunyac.....	77
Tabla 22.	Datos del peso unitario compactado del agregado de Cunyac	78
Tabla 23.	Datos del peso unitario suelto del agregado de Vicho	79
Tabla 24.	Datos del peso unitario compactado del agregado fino de Cunyac 70% y Vicho 30%.....	80
Tabla 25.	Peso unitario compactado del agregado de Cunyac 70% y Vicho 30%.....	81
Tabla 26.	Datos del peso específico y absorción del agregado fino de Vicho.....	85
Tabla 27.	Datos del peso específico y absorción del agregado de Cunyac	86
Tabla 28.	Peso específico y absorción del agregado de Cunyac 70% y Vicho 30%.....	87
Tabla 29.	Datos del contenido de humedad del agregado de Vicho	90
Tabla 30.	Datos del contenido de humedad del agregado de Cunyac	91
Tabla 31.	Datos del contenido de humedad del agregado de Cunyac 70% y Vicho 30%	92
Tabla 32.	Características del agregado combinado de Cunyac 70% y Vicho 30%.....	93



Tabla 33.	Diseño del mortero patrón.....	97
Tabla 34.	Diseño del mortero experimental con 10 % de residuos de mármol.....	97
Tabla 35.	Diseño del mortero experimental con 15 % de residuos de mármol.....	98
Tabla 36.	Diseño del mortero experimental con 20 % de residuos de mármol.....	98
Tabla 37.	Costo de mortero patrón por m ³	99
Tabla 38.	Costo de mortero Experimental (10% de residuos de mármol) por m ³	99
Tabla 39.	Costo de mortero Experimental (15% de residuos de mármol) por m ³	100
Tabla 40.	Costo de mortero Experimental (20% de residuos de mármol) por m ³	100
Tabla 41.	Datos la resistencia a adherencia por flexión del mortero patrón	107
Tabla 42.	Datos de la resistencia a adherencia por flexión del mortero experimental al 10%	108
Tabla 43.	Datos de la resistencia a adherencia por flexión del mortero experimental al 15%	109
Tabla 44.	Datos de la resistencia a adherencia por flexión del mortero experimental al 20%	110
Tabla 45.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero patrón a los 7 días	115
Tabla 46.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero patrón a los 14 días	116
Tabla 47.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero patrón a los 21 días	117
Tabla 48.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero patrón a los 28 días	118
Tabla 49.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10%.	119
Tabla 50.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10%.	120
Tabla 51.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10%.	121
Tabla 52.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 10%.	122
Tabla 53.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 15%.	123
Tabla 54.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 15%.	124
Tabla 55.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 15%.	125
Tabla 56.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 15%.	126
Tabla 57.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 20%.	127
Tabla 58.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 20%.	128
Tabla 59.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 20%.	129
Tabla 60.	Datos de la resistencia a la compresión del mortero experimental al 20%.	130
Tabla 61.	Datos de la resistencia a la flexión del mortero patrón a los 7 días	135
Tabla 62.	Datos de la resistencia a la flexión del mortero patrón a los 14 días	136
Tabla 63.	Datos de la resistencia a la flexión del mortero patrón a los 21 días	137



Tabla 64.	Datos de la resistencia a la flexión del mortero patrón a los 28 días	138
Tabla 65.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 10%.	139
Tabla 66.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 10%.	140
Tabla 67.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 10%.	141
Tabla 68.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 10%.	142
Tabla 69.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 15%.	143
Tabla 70.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 15%.	144
Tabla 71.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 15%.	145
Tabla 72.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 15%.	146
Tabla 73.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 20%.	147
Tabla 74.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 20%.	148
Tabla 75.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 20%.	149
Tabla 76.	Datos de la resistencia a flexión del mortero experimental al 20%.	150
Tabla 77.	Datos de la fluidez del mortero patrón	153
Tabla 78.	Datos de la fluidez del mortero experimental al 10%	154
Tabla 79.	Datos de la fluidez del mortero experimental al 15%	155
Tabla 80.	Datos de la fluidez del mortero experimental al 20%	156
Tabla 81.	Análisis de granulometría del agregado fino de la cantera de Vicho.....	157
Tabla 82.	Análisis de granulometría del agregado fino de la cantera de Cunyac	158
Tabla 83.	Análisis de granulometría del agregado combinado Cunyac 70% y Vicho 30%	159
Tabla 84.	Análisis de datos del peso específico y absorción del agregado de Vicho	162
Tabla 85.	Análisis de datos del peso específico y absorción del agregado de Cunyac.....	163
Tabla 86.	Análisis de peso específico y absorción del agregado combinado Cunyac 70% y Vicho 30%	164
Tabla 87.	Análisis de humedad del agregado fino de Cunyac	165
Tabla 88.	Análisis de humedad del agregado fino de Vicho.....	165
Tabla 89.	Análisis de humedad del agregado fino combinado Cunyac 70% y Vicho 30%	165
Tabla 90.	Análisis de peso unitario del agregado fino de Cunyac	166
Tabla 91.	Análisis de peso unitario del agregado fino de Vicho.....	167
Tabla 92.	Análisis de peso unitario del agregado fino combinado de Cunyac 70% y Vicho 30%	167
Tabla 93.	Análisis de la adherencia por flexión del mortero patrón	168
Tabla 94.	Análisis de la adherencia por flexión del mortero experimental al 10%	169
Tabla 95.	Análisis de la adherencia por flexión del mortero experimental al 15%	170



Tabla 96.	Análisis de la adherencia por flexión del mortero experimental al 20%	171
Tabla 97.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero patrón a los 7 días	172
Tabla 98.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero patrón a los 14 días	173
Tabla 99.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero patrón a los 21 días	173
Tabla 100.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero patrón a los 28 días	173
Tabla 101.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 10 % a los 7 días	174
Tabla 102.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 10 % a los 14 días	174
Tabla 103.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 10 % a los 21 días	174
Tabla 104.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 10 % a los 28 días	175
Tabla 105.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 15 % a los 7 días	175
Tabla 106.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 15 % a los 14 días	175
Tabla 107.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 15 % a los 21 días	176
Tabla 108.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 15 % a los 28 días	176
Tabla 109.	Análisis de resistencia a la compresión del mortero al 20 % a los 7 días	176
Tabla 110.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 20 % a los 14 días	177
Tabla 111.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 20 % a los 21 días	177
Tabla 112.	Análisis de la resistencia a la compresión del mortero al 20 % a los 28 días	177
Tabla 113.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero patrón a los 7 días.....	178
Tabla 114.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero patrón a los 14 días.....	179
Tabla 115.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero patrón a los 21 días.....	179
Tabla 116.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero patrón a los 28 días.....	179
Tabla 117.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 10% a los 7 días.....	180
Tabla 118.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 10% a los 14 días.....	180
Tabla 119.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 10% a los 21 días.....	180
Tabla 120.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 10% a los 28 días.....	181
Tabla 121.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 15% a los 7 días.....	181
Tabla 122.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 15% a los 14 días.....	181
Tabla 123.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 15% a los 21 días.....	182
Tabla 124.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 15% a los 28 días.....	182
Tabla 125.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 20% a los 7 días.....	182
Tabla 126.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 20% a los 14 días.....	183
Tabla 127.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 20% a los 21 días.....	183
Tabla 128.	Análisis de la resistencia a la flexión del mortero al 20% a los 28 días.....	183
Tabla 129.	Análisis de la fluidez del mortero patrón	184



Tabla 130. Análisis de la fluidez del mortero experimental al 10%	185
Tabla 131. Análisis de datos del ensayo de fluidez del mortero experimental al 15%	185
Tabla 132. Análisis de datos del ensayo de fluidez del mortero experimental al 20%	185
Tabla 133. Resultados de las propiedades físicas del mortero	186
Tabla 134. Resultados del ensayo de adherencia por flexión.....	187
Tabla 135. Resultados del ensayo de resistencia a compresión	188
Tabla 136. Resultados del ensayo de resistencia a compresión	189
Tabla 137. Resultados del ensayo de fluidez del mortero	190



Índice de figuras

Figura 1.	Ámbito de influencia de la tesis.....	5
Figura 2.	Ubicación de la cantera de mármol según INGEMMET en el cerro Cullpahuanca- Quiquijana	5
Figura 3.	Cantera de mármol en el cerro Cullpahuanca-Quiquijana.....	6
Figura 4.	Resistencia a la compresión del mortero Vs. A/C	27
Figura 5.	Resistencia a la compresión del mortero vs. contenido de cemento.....	28
Figura 6.	Método de ensayo de adherencia por flexión a tercios de la luz	31
Figura 7.	Escala de Mohs	35
Figura 8.	Gráfica de la relación agua cemento vs R'mm	94
Figura 9.	Curva granulométrica del agregado fino de Vicho	158
Figura 10.	Curva granulométrica del agregado fino de Cunyac.....	159
Figura 11.	Curva granulométrica del agregado combinado Cunyac 70% y Vicho 30%.....	160
Figura 12.	Curva granulométrica del agregado fino de Cunyac y Vicho.....	186
Figura 13.	Resultados del ensayo de adherencia por flexión	187
Figura 14.	Resultados del ensayo de resistencia a la compresión del mortero	188
Figura 15.	Resultados del ensayo de resistencia a la flexión del mortero.....	189
Figura 16.	Resultados del ensayo de fluidez del mortero.....	190



Índice de fotografías

Fotografía 1. Eflorescencia.....	2
Fotografía 2. Mano de obra no calificada.....	2
Fotografía 3. Fisuras en acabados por falta de adherencia.....	2
Fotografía 4. Falta de adherencia con el ladrillo superior.....	2
Fotografía 5. Residuos de mármol de la cantera Cullpahuanca-Quiquijana.....	41
Fotografía 6. Equipo de compresión.....	58
Fotografía 7. Agitador mecánico.....	58
Fotografía 8. Serie de tamices.....	59
Fotografía 9. Horno eléctrico.....	59
Fotografía 10. Balanza de 50 kg.....	60
Fotografía 11. Balanza de 0.001g.....	60
Fotografía 12. Bomba de vacíos.....	60
Fotografía 13. Mesa de flujo.....	61
Fotografía 14. Molde de flujo.....	61
Fotografía 15. Moldes cúbicos.....	62
Fotografía 16. Moldes prismáticos.....	62
Fotografía 17. Vernier.....	63
Fotografía 18. Cantera de mármol Cullpahuanca- Quiquijana.....	63
Fotografía 19. Residuos de mármol.....	64
Fotografía 20. Recolección de residuos de mármol.....	64
Fotografía 21. Carguío de residuos de mármol.....	65
Fotografía 22. Selección de las partículas de residuos de mármol.....	65
Fotografía 23. Residuos de mármol en laboratorio.....	66
Fotografía 24. Molienda de los residuos de mármol.....	66
Fotografía 25. Tamizado de los residuos de mármol.....	67
Fotografía 26. Método de cuarteo de los agregados.....	68
Fotografía 27. Lavado del agregado fino de Cunyac y Vicho.....	68
Fotografía 28. Extracción del horno del agregado fino de Cunyac y Vicho.....	69
Fotografía 29. Muestra seca del horno del agregado fino de Cunyac y Vicho.....	69
Fotografía 30. Tamizado de los agregados finos.....	70
Fotografía 31. Pesos retenidos en cada tamiz.....	70
Fotografía 32. Cuarteo del agregado fino.....	73



Fotografía 33. Determinación del diámetro y volumen del molde metálico.....	74
Fotografía 34. Apisonado del agregado en el molde metálico.....	74
Fotografía 35. Eliminación del agregado sobrante.....	75
Fotografía 36. Llenado del molde metálico con agregado sin compactar.....	75
Fotografía 37. Remojo de agregado fino de Cunyac y Vicho.....	82
Fotografía 38. Secado de agregado fino.....	83
Fotografía 39. Llenado de agregado fino en el cono.....	83
Fotografía 40. Llenado de agregado fino y agua en el picnómetro.....	84
Fotografía 41. Eliminación de burbujas en la bomba de vacíos.....	84
Fotografía 42. Peso de muestras.....	88
Fotografía 43. Extracción de agregado del horno.....	89
Fotografía 44. Peso del agregado después del secado en el horno.....	89
Fotografía 45. Tamizado de los residuos de mármol.....	102
Fotografía 46. Humedecimiento de ladrillos antes del asentado.....	102
Fotografía 47. Preparación del mortero.....	103
Fotografía 48. Asentado de ladrillos con mortero patrón y experimental.....	103
Fotografía 49. Curado de las juntas de mortero de pilas de albañilería.....	104
Fotografía 50. Medidas de cada espécimen de albañilería.....	104
Fotografía 51. Previo al ensayo de adherencia por flexión.....	105
Fotografía 52. Ensayo de adherencia por flexión.....	105
Fotografía 53. Falla de los especímenes prismáticos.....	106
Fotografía 54. Mezclado de componentes.....	111
Fotografía 55. Embadurnando moldes cúbicos.....	112
Fotografía 56. Vaciado del mortero en los moldes cúbicos.....	112
Fotografía 57. Curado de muestras cúbicas.....	113
Fotografía 58. Toma de medidas con el vernier.....	113
Fotografía 59. Ensayo de compresión de las muestras cúbicas.....	114
Fotografía 60. Muestras cúbicas después de la falla.....	114
Fotografía 61. Diferencia de textura del mortero patrón con los morteros experimentales... ..	114
Fotografía 62. Mezclado de componentes del mortero.....	131
Fotografía 63. Embadurnando de moldes prismáticos.....	132
Fotografía 64. Vaciado de mortero en moldes prismáticos.....	132
Fotografía 65. Curado de muestras prismáticas.....	133
Fotografía 66. Tomando medidas de cada espécimen prismático.....	133



Fotografía 67. Ensayo de flexión del mortero.....	134
Fotografía 68. Falla de prismas después del ensayo	134
Fotografía 69. Llenado del molde cónico.....	151
Fotografía 70. Nivelado del mortero en el molde cónico.....	152
Fotografía 71. Toma de medidas del diámetro del mortero	152



Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

El mortero es un material de construcción muy importante en cuanto a su diversidad en su utilización en nuestro medio, pero, se sigue viendo defectos en especial en los morteros de pega para unidades de albañilería en muros.

Los defectos más comunes en los muros de albañilería y considerando los desprendimientos entre las unidades de albañilería y el mortero, agrietamientos, eflorescencia por ataque de sulfatos, menor durabilidad, fisuras en acabados por la insuficiente adherencia entre el mortero y las unidades de albañilería, baja calidad de materiales, además, nuestra norma técnica E.070 Albañilería no contempla un diseño de mezclas para mortero, únicamente nos da proporciones de cada material que la compone, la mano de obra no calificada y la falta de control de calidad. Por el contrario, si vemos estas consideraciones para el concreto.

En la cantera de Cullpahuanca del distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchi, departamento del Cusco, ubicada a una altura de 3679 m.s.n.m. en donde se encontraron residuos desde 0.05 mm hasta escombros de 90 cm de tamaño, según los registros desde el año 2001 se comenzó a explotar y a partir del año 2011 se encuentra en estado de abandono de dicha actividad, cumpliendo 09 años de vida útil, por tal motivo, se encontró problemas de carácter ambiental por los residuos que quedaron, se realizó una cubicación de la explotación de dicho mineral de un radio de 8m y una altura de 10m obteniéndose un volumen de 837.80m³, en cuanto al acceso a la cantera se abrió una vía de tipo trocha carrozable con un ancho de 4m desde la salida del distrito de Quiquijana hasta la misma cantera para la transitabilidad de un solo vehículo, que para la actualidad necesita un mantenimiento en especial en época de lluvias y de sequía por la polución.



Fotografía 1. Eflorescencia



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

Fotografía 2. Mano de obra no calificada



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

Fotografía 3. Fisuras en acabados



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

Fotografía 4. Falta adherencia



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál será el estudio comparativo de las propiedades físico-mecánicas del mortero de cemento Pórtland Tipo IP elaborado con residuos de mármol en porcentajes del 10%, 15% y 20% producto de la explotación de la cantera de Cullpahuanca - Quiquijana Quispicanchi – Cusco?.

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

1. ¿En qué medida varía la resistencia de adherencia por flexión del mortero elaborado con residuos de mármol con respecto a un mortero tradicional?



2. ¿Cómo es el desarrollo de la resistencia a flexión del mortero elaborado con residuos de mármol a los 7, 14, 21 y 28 días en comparación a un mortero tradicional?
3. ¿Cómo es el desarrollo de la resistencia a compresión del mortero elaborado con residuos de mármol a los 7, 14, 21 y 28 días en comparación a un mortero tradicional?
4. ¿En qué porcentaje varía la fluidez del mortero elaborado con residuos de mármol en porcentajes del 10%, 15% y 20% con respecto a un mortero tradicional?

1.2. Justificación e importancia de la investigación.

1.2.1. Justificación técnica

El carbonato cálcico CaCO_3 o caliza, es uno de los minerales más abundantes del mundo, por esta razón, sus usos más comunes se destacan en: la industria del cemento, en la obtención de cal u óxido de calcio, prefabricados en la construcción, piezas de decoración, restauración de elementos constructivos. Así mismo, esta roca fragmentada se puede utilizar en la construcción como agregado en el concreto y en el mortero ya que estas por algún método mecánico se pueden seguir reduciendo en su tamaño por la facilidad al pulimento que tiene esta roca.

El mortero elaborado con residuos de mármol se someterá a pruebas mecánicas de resistencia a compresión, resistencia a la flexión, adherencia por flexión, módulo de ruptura, variación de la fluidez. Conforme a sus componentes del mortero se estudiará el agregado fino o arena gruesa, los cuales se someterán a ensayos para obtener valores y parámetros necesarios para el diseño del mortero, así como la granulometría, el peso específico, contenido de humedad, peso unitario, absorción.

El estudio y ensayos realizados al mortero elaborado con residuos de mármol, los ubicaremos en el área de Construcción ya que se obtendrá un nuevo material conforme a los resultados para su aprobación.

Según los resultados de este nuevo material se podrá mejorar las construcciones de viviendas y en general la calidad de las obras.

1.2.2. Justificación por relevancia social

Con esta investigación se beneficiarían los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco, así como también, otros estudiantes de ingeniería civil de otras universidades, ya que, se podrán establecer nuevos temas a partir de los datos obtenidos para futuras investigaciones.



1.2.3. Justificación por viabilidad

La investigadora cuenta con el tiempo y los recursos necesarios para el logro de la investigación.

El Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco, nuestra casa de estudios cuenta con los equipos e instrumentos necesarios para la preparación y ensayos de las muestras.

Se cuenta como guía las referencias normativas del RNE E.070 Albañilería, NTP (Norma técnica peruana) y ASTM (American Society for Testing and Materials) y textos sobre estudios del mortero, con lo cual se podrá dar validez a los ensayos y resultados obtenidos en la presente investigación.

1.2.4. Justificación por relevancia

Con esta investigación se tendría un nuevo insumo para el uso en la industria de la construcción, sobre todo como un aporte a la tecnología del mortero debido a que no se tienen investigaciones realizadas para el mejoramiento de sus propiedades ni sus defectos, como si las hay en la tecnología del concreto. También debemos señalar que con los estudios realizados a este nuevo material se estaría certificando su utilización particularmente en el mortero de cemento Pórtland en función al mejoramiento en algunas propiedades en obras de albañilería, Finalmente, a contribuir en mejorar morteros defectuosos, así como, la valoración de este como nuevo insumo en la tecnología del mortero.

1.3. Limitaciones de la investigación

1.3.1. Limitaciones geográficas

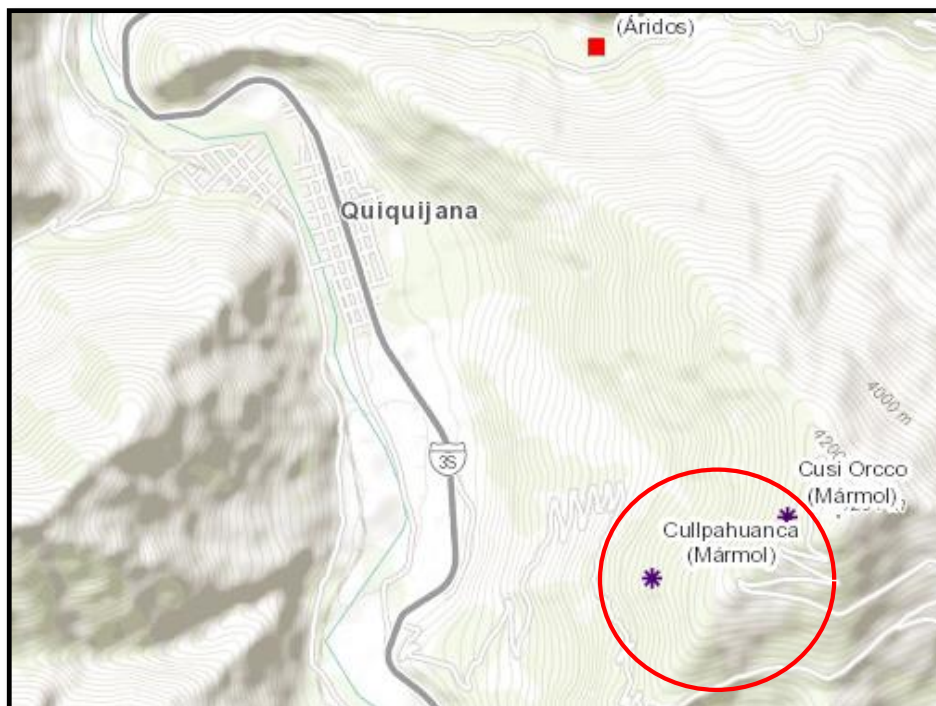
Esta investigación tiene como ámbito de influencia la cantera de Cullpahuanca ubicada a una altitud de 3679 m.s.n.m., al sureste del distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchi, por este distrito atraviesa el río Vilcanota. La distancia desde la ciudad del Cusco es de 69 Km hasta la cantera de Cullpahuanca. Los resultados obtenidos serán válidos para nuestra región del Cusco y la procedencia de este material estará asociada a otras canteras que tengan similares características.

Figura 1. Ámbito de influencia de la tesis



Fuente: <http://map-peru.com/es/mapas/ficha-los-districtos-de-la-provincia-de-quispicanchi-1>

Figura 2. Ubicación de la cantera de mármol según INGEMMET en el cerro Cullpahuanca-Quiquijana



Fuente: <http://www.ingemmet.gob.pe>

COORDENADAS UTM		
SUR	OESTE	ALTITUD
31°50'30.61"	71°31'44.23"	3679 m.s.n.m.

Figura 3. Canteras de mármol en el cerro Cullpahuanca-Quiquijana



Fuente: <https://earth.google.com/web>

1.3.2. Limitaciones con respecto a los materiales

- Se limita al uso de agregados de la cantera provenientes de Cunyac en un 70% y Vicho en un 30%.
- Se limita al uso de cemento Pórtland tipo IP con peso específico de 2.85g/cm³ de la marca Yura.
- Se limita al uso del residuo de mármol procedente de la cantera de Cullpahuanca, ubicada en el distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchi, departamento del Cusco.
- El uso de las unidades de albañilería para la elaboración de pilas fueron ladrillos tipo King Kong sólidos de 18 huecos con dimensiones de 24 x 12 x 9 cm. de clase o tipo V para uso en albañilería estructural de la ladrillera LATESA.
- El agua que se utilizó para la mezcla fue agua potable de consumo humano de la EPS Sedacusco.
- Se realizó los ensayos con los equipos disponibles en el laboratorio de suelos, concreto y asfalto de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.



1.3.3. Limitaciones con respecto a los ensayos

- Se limita al reemplazo de cemento Pórtland tipo IP por residuos de mármol en porcentajes de 10%, 15% y 20%.
- Se limita el diseño de mezcla para una resistencia a la compresión de 175 kg/cm² y para un mortero de pega tipo M para adherir unidades de albañilería.
- Se limita a la evaluación del desarrollo de las resistencias a edades de 7, 14, 21 y 28 días.
- Se limita al uso de la Norma Técnica Peruana NTP 334.057 para establecer la fluidez de los morteros.
- Se limita al uso de la Norma Técnica Peruana NTP 334.051 para evaluar la resistencia a la compresión del mortero.
- Se limita al uso de la norma ASTM E 518 para determinación la resistencia de adherencia por flexión de la mampostería no reforzada.
- Se limita al uso de la norma NTP 334.120 para determinar la resistencia a la flexión de mortero de cemento hidráulico.
- El diseño de mezcla del mortero se limita al procedimiento elaborado por (Rivera G. A., N.E) de su texto “Concreto Simple”.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Comparar las magnitudes de las propiedades físico-mecánicas del mortero tradicional con respecto a un mortero de cemento Pórtland tipo IP elaborado con residuos de mármol en porcentajes del 10%, 15% y 20% producto de la explotación de la cantera de Cullpahuanca - Quiquijana Quispicanchi – Cusco.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar la variación de la resistencia a la adherencia por flexión del mortero elaborado con residuos de mármol con respecto a un mortero tradicional.
2. Construir las curvas de desarrollo de las resistencias a la flexión a los 7, 14, 21 y 28 días con respecto a un mortero tradicional.
3. Construir las curvas de desarrollo de las resistencias a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días con respecto a un mortero tradicional.



4. Determinar la variación en porcentaje de la fluidez del mortero elaborado con residuos de mármol al 10%, 15% y 20% en comparación a un mortero tradicional.

Capítulo II: Marco teórico

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

Título: “Evaluación comparativa de la fluidez, peso específico, adherencia, resistencia a la compresión y flexión de mortero elaborado con cemento Pórtland tipo IP y tipo I con el reemplazo del cemento Pórtland tipo I por puzolana de la cantera de Ccocha – San Pedro Sicuani - Cusco”.

Autores: Nelson Chillihuani Ccorimanya.

Américo Percca Ccoaquirá.

Lugar: Cusco, Perú.

Universidad: Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Año: 2016.

Resumen:

En la presente tesis se realizó la evaluación comparativa del mortero de cemento tipo I y mortero con el reemplazo del cemento Pórtland tipo I en peso por puzolana de la cantera de Ccocha, con respecto al cemento Pórtland tipo IP, realizando distintos ensayos, todos respetando las NTP, RNE, MTC y ASTM, para los ensayos.

Se ha obtenido que, a los 28 días de edad, la resistencia a la compresión, flexión y adherencia, del mortero elaborado con reemplazo de 28% de la puzolana, supera a los patrones; sin embargo, en la fluidez se aprecia disminución de la misma. Por consiguiente, se evaluó los pesos específicos de los cementos tipo I, IP y reemplazado con el cemento Pórtland tipo I por puzolana de la cantera de Ccocha en porcentajes de 15%, 28% y 40%. Los resultados cumplen con la norma ASTM C 188-95. Luego, se evaluó la fluidez del mortero, que a mayor porcentaje de reemplazo de tipo I por la puzolana de la cantera de Ccocha, la fluidez disminuye con relación al patrón tipo IP. Así como, cuanto mayor es la relación a/c es mayor la fluidez en el mortero. A continuación, se evaluó la resistencia a la compresión de los morteros de cemento Pórtland tipo I, IP y experimental, mediante cubos de 5 cm de lado, se sometió a una fuerza constante de compresión. Concluyendo que, a los 28 días de las muestras, el mortero elaborado



con reemplazo de 28% de puzolana, alcanza una resistencia de 36.37 Mpa, que es valor mayor que el patrón.

Seguidamente, se evaluó la resistencia a la flexión de los morteros de cemento Pórtland tipo I, IP y experimental, concluyendo que, a los 28 días de las muestras prismáticas, el mortero elaborado con reemplazo de 28 % de puzolana, alcanza una resistencia de 8.83 Mpa, que es un valor mayor que el patrón. Finalmente, se evaluó la resistencia a la flexión por adherencia, mediante muestras prismáticas que consisten en 5 unidades de albañilería, realizadas con cemento Pórtland tipo I, IP y experimental, concluyendo que a los 28 días, el mortero elaborado con reemplazo del 28 % de puzolana, alcanza una resistencia mayor que el patrón elaborado con cemento Pórtland tipo IP.

Conclusiones:

- A mayor porcentaje de reemplazo del cemento tipo I por la puzolana la fluidez disminuye con relación al patrón tipo IP; y los 28 días la resistencia a compresión, flexión y adherencia, del mortero elaborado con reemplazo de 28 % de la puzolana, supera a los patrones.
- A mayor porcentaje de reemplazo de cemento tipo I por la puzolana de la cantera de Ccocha, la fluidez disminuye con relación al patrón tipo IP. Así como también que cuanto mayor es la relación a/c es mejor la fluidez en el mortero.
- El mortero elaborado al 28 % de puzolana, alcanza una resistencia mayor que el patrón.
- Se logró demostrar que, a los 28 días de las muestras prismáticas o pilas, el mortero elaborado con reemplazo de 28 % de puzolana, alcanza una resistencia más que el patrón.

Relación del antecedente con la tesis

La relación que tiene esta investigación con la tesis es la adición de puzolana al mortero de albañilería con respecto al cemento tipo I, el cual realiza una comparación de las propiedades tanto experimental y mortero patrón elaborado con cemento tipo IP. Además, la puzolana y los residuos de mármol, son minerales pulverizados adicionados en función al cemento en el mortero de albañilería.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

Título: “Diseño de morteros resistente a patologías de eflorescencias en paredes de mampostería”.

Autores: Susan Estefanía Bolaños Michilena.

Mauricio Isaías Guamán Naranjo.



Lugar: Sangolquí, Ecuador.

Universidad: Universidad de las Fuerzas Armadas, Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción, Carrera de Ingeniería Civil.

Año: 2017.

Resumen:

En la presente investigación se realizó un diseño de mezclas para mortero resistente a la eflorescencia en muros de mampostería o albañilería. Primero se recolectó muestras de eflorescencia de la mampostería para su análisis químico, luego, se construyó muestras de mampostería para ser analizada y simulada a condiciones agresivas de humedad. Por otra parte, se realizó la caracterización de los materiales para conocer sus propiedades y realizar el diseño correspondiente. Por último, se utilizó como aditivo en forma de polvo fino la diatomita del 1% al 20% en función del cemento, las influencias de este componente en las propiedades del mortero fueron: trabajabilidad, impermeabilidad, disminución de la porosidad, estabilización de pH para evitar la cristalización de sales, aumento de la resistencia a la compresión, disminución de agrietamientos, mejora en el acabado final. Finalmente, los resultados fueron satisfactorios ya que en los morteros de la albañilería de prueba no se presentaron eflorescencias, únicamente en las unidades de albañilería.

Conclusiones:

- Como resultado del muestreo se determinó que la humedad óptima para la formación de eflorescencia varía entre 65% a 80%.
- Se observó ventajas del uso de este aditivo como polvo fino como en la trabajabilidad, resistencia e impermeabilidad.
- Este aditivo en polvo fino se encargó de llenar los espacios microscópicos vacíos.
- Se realizaron los experimentos en porcentajes de 1%, 10%, 15% y 20% de aditivo en peso del cemento y se determinó que al 10% no cambia las propiedades del mortero y proporciona ventajas al mismo.

Relación del antecedente con la tesis

La relación que tiene esta investigación con la tesis es primero el uso del aditivo en polvo fino para el mortero de albañilería ya que la diatomita (SiO_2), al igual que los residuos de mármol (CaCO_3), están en estado de polvo fino y se utilizaron en el mortero. Segundo lo beneficiosos



que ambos son en los resultados de las propiedades de trabajabilidad, impermeabilidad, mejora en el acabado final, buena cohesión además de otras propiedades.

Título: “Estudio de mortero de mediana a baja resistencia de cemento, con adición de cal aérea”.

Autores: Freud Edson Meza Hajar.

Lugar: Lima, Perú.

Universidad: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.

Año: 2004.

Resumen:

En esta investigación se realizó un diseño de mezclas del mortero patrón (Cemento: Arena), del mismo modo, para el mortero experimental (Cemento: cal: Arena), en el cual se obtuvo la cantidad de materiales por metro cúbico de mortero. Luego, se hizo los ensayos en ambos casos en el mortero fresco como: Fluidez, trabajabilidad, peso unitario, tiempo de fraguado. En el mortero endurecido como: Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, absorción capilar, adherencia, Retracción, permeabilidad, resistencia a guas agresivas (corrosión del sulfato de Magnesio), módulo de elasticidad. Seguidamente, se construyó una tendencia de curva de resultado por método estadístico, bajo estudios de análisis de regresión, análisis de correlación, tendencia de curvas de cada ensayo.

Conclusiones:

- La cal aérea es un aglomerante ecológico, posee comportamiento mecánico armónico con el de otros materiales: piedra, tapiales, azulejos, etc.
- Los morteros de cal aérea no producen sales nocivas, su lento fraguado y elasticidad, evitan que se presente fisuras o cuarteos, utilizando este tipo de morteros ya no necesitan aditivos plastificantes.
- Los morteros con adición de cal incrementan su trabajabilidad y disminuyen su peso unitario, lográndose morteros más livianos.
- Los morteros con adición de cal retardan su tiempo de fragua, según el porcentaje de cal adicionado. En el estudio de la tesis las variaciones observadas fueron desde 22% hasta 100% con respecto al mortero patrón, observándose también que la temperatura y humedad del ambiente, influye en este comportamiento.



- A la edad de 28 días y habiéndose adicionado 25 % de cal en la mezcla se obtuvieron los mejores comportamientos mecánicos de este material tales como: resistencia a compresión, tracción y flexión.
- En los morteros con 50 %, 60 %, 75 % y 80 % de cal en reemplazo del cemento, para edades mayores a 28 días las propiedades mecánicas presentan una tendencia al ascenso hasta alcanzar su máximo valor; según avance el proceso de carbonatación.
- Las combinaciones más óptimas para revestimiento de superficies sumergidas o en contacto temporal con el agua, se obtuvieron con 25 % y 60 % de adición de cal en la mezcla.
- La permeabilidad de los morteros con adición de cal disminuye obteniéndose así un material que tienden a ser hidrófugo.
- El mortero con 25 % de cal en reemplazo del cemento a edad de 28 días, desarrolla una óptima adherencia inicial.
- Cuanto mayor es la proporción de cal en el mortero menor es la retracción. El mortero con 60 % de cal en reemplazo del cemento solo se contrae 0.5 % en volumen, mientras que el mortero patrón se contrae el 1 % en volumen.
- Los morteros con adición de cal, incrementan sus propiedades elásticas.

Relación del antecedente con la tesis

La relación que tiene esta investigación con la tesis es la cal como aditivo en polvo fino que utiliza en el diseño de mortero, ya que, el carbonato de calcio presente en los residuos de mármol pulverizado que será utilizado en esta tesis ambos son de origen calcáreo. Además, los ensayos primordiales que realiza coinciden con esta investigación como: resistencia a la compresión, flexión, adherencia y fluidez.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. El mortero

Es toda mezcla de cemento, arena y agua. (Salamanca, 2001)

El mortero cumple la función de unir o adherir las unidades con relativa estabilidad en el proceso constructivo, proveyendo rigidez en la hilada para permitir el asentado y formar un conjunto durable, impermeable y con alguna resistencia a la tracción. (Gallegos, 2005)



2.2.1.1. Evolución en la fabricación de morteros

Cronológicamente pueden diferenciarse varias etapas en la fabricación de mampostería con distintas clases de mortero. (Salamanca, 2001).

San Bartolomé, Quiun, & Silva, Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería, (2018) indica que la albañilería existió desde tiempos remotos por la necesidad básicamente de vivienda, su forma inicial fueron los muros hechos con piedras naturales adheridas con barro, lo que, actualmente se denomina “Pirca”. 3000 años a.c. el molde de barro lo que hoy llamamos adobe fue llevado al horno y se formó lo que hoy es “ladrillo de arcilla o cerámico” asentados con betún o alquitrán. Luego, en Grecia se asentaron piedras con mortero de cal, revestidos con mármol un ejemplo (El templo de la diosa Atenea) 440 a.c. Finalmente, en Roma apareció el mortero de cemento puzolánico inventado por Vitruvio (Arquitecto Romano 25 a.c. Quien mezcló cal, agua y arena volcánica (Puzolana), esto fue una gran invención prueba de esto tenemos el “Panteón” en Roma.

Finalmente para (Salamanca, 2001), Los morteros de cal y arena en mampostería se dieron poco antes de la aparición del cemento Pórtland a mediados del siglo XIX; son morteros convencionales de baja trabajabilidad, pero de excelente resistencia a compresión y de fraguado rápido. En conclusión, los morteros modernos de Albañilería elaborados con cal, arena y cemento Pórtland, van beneficiándose de las propiedades de cada uno de esos componentes.

2.2.1.2. Función del mortero

La función principal del mortero es pegar o unir entre sí las unidades de albañilería; es decir, actuando como un adhesivo siendo su propiedad más importante. A mayor adhesividad mayor será la resistencia a la tracción del muro de albañilería. (Abanto, 2002)

Según (Salamanca, 2001), el mortero tiene dos funciones: primero la función estructural que son aquellos utilizados en albañilería como pega o relleno, y de función no estructural aquellos morteros utilizados para revestimientos, recubrimientos o pañetes.

2.2.1.3. Clasificación del mortero de cemento

De acuerdo con la norma ASTM C 270, los morteros se clasifican en:



Tabla 1. Especificación por propiedades según la norma ASTM C 270

Tipo de mortero	Resistencia mínima a la compresión a 28 días, kg/cm² (Mpa)	Retención mínima de agua, %	Contenido máximo de aire, %
M	175 (17.0)	75	12
S	125 (12.5)	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%.

2.2.1.3.1. 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. (Salamanca, 2001)

2.2.1.3.2. 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 requieren 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. (Salamanca, 2001)

2.2.1.3.3. 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 alcanzan cerca de 125 Kg/cm² (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. (Salamanca, 2001)

2.2.1.3.4. 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 revestimiento exteriores que no estén sometidos a congelamiento,



aun cuando puedan estar húmedos, son usuales en construcción de vivienda de uno o dos pisos, por su excelente trabajabilidad y bajo costo. (Salamanca, 2001)

2.2.1.2. Mortero de cemento

El mortero de cemento Pórtland generalmente carece de plasticidad, tiene baja retención de agua, es más duro y menos trabajable, únicamente tiene una alta resistencia a la compresión y una baja retención de agua. Un muro construido con dicho mortero tendrá buena resistencia, pero será vulnerable al agrietamiento y a la penetración del agua. (ASOCRETO, 2010)

2.2.1.2.1. Mortero de cemento de albañilería

Según (ASOCRETO, 2010), es un producto que generalmente contiene cemento Pórtland, y finos, tales como caliza y otros materiales en diferentes proporciones, más aditivos tales como plastificantes y agentes incorporadores de aire y agentes repelentes de agua.

Con este concepto nos acercamos más a la teoría de que es factible la incorporación de finos como los residuos de mármol, caliza, o carbonato de calcio (CaCO_3), para mejorar algunas propiedades del mortero como la trabajabilidad, plasticidad y la adherencia.

2.2.1.2.2. Morteros de albañilería

En un muro de albañilería 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: 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. (Salamanca, 2001)

2.2.1.3. Usos del mortero

Los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros. Existen otros morteros que no tienen función estructural y se destinan a recubrimiento como pañetes (acabado liso sobre las superficies de albañilería), repellos o revoques (capas delgadas, lisas y generalmente impermeables utilizados para cubrir muros, vigas, columnas, etc.). (Gutiérrez, 2003)



2.2.1.3.1. Mortero de pega

Debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión. (Gutiérrez, 2003)

El mortero en estudio tiene una función estructural, ya que, está aplicada para la adherencia o pega de unidades de albañilería.

2.2.1.4. Componentes del mortero

El mortero generalmente está compuesto por cemento Pórtland tipo I o puzolánico IP, arena gruesa y agua.

2.2.1.4.1. Cemento

El cemento Pórtland se define, como un aglomerante hidráulico normalizado obtenido de la pulverización del Clinker, que consiste, esencialmente, en silicatos cálcicos hidráulicos a los que se ha incorporado, como adición en la molienda, sulfato cálcico. (Gallegos, 2005)

El cemento es responsable del valor de adhesión y la resistencia a la compresión, tanto temprana como final, en otras palabras la función del cemento es proporcionarle resistencia al mortero.

Tabla 2. Composición química del cemento

Componente Químico		Procedencia Usual
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, Pirita
5%	Oxidos de Magnesio, Sodio,	Minerales Varios
	Potasio, Titanio, Azufre,	
	Fósforo y Manganeso	

Fuente: (Pasquel, Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, 1993)

Clinker Pórtland

El Clinker es fabricado mediante un proceso que comienza por combinar una fuente de cal, tal como las calizas, una fuente de sílice y alúmina, como las arcillas, y una fuente de óxido de hierro, tal como el mineral de hierro. Una mezcla adecuadamente dosificada de los materiales



crudos es finamente molida y luego calentada a una temperatura suficientemente alta, alrededor de los 1500 °C., a fin que se produzcan las reacciones entre los componentes del cemento. Después de enfriado, el Clinker es molido con una adición de cerca del 6% de sulfato de calcio (yeso) para formar el cemento Pórtland. (Rivva, 2000).

Tipos de cementos Pórtland

Según la norma NTP 339.090, (2011) se tiene:

Tipo I: De uso general.

Tipo II: De uso general, específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo II (MH): De uso general, específicamente moderado calor de hidratación.

Tipo III: Cuando se requiere alta resistencia inicial.

Tipo IV: Cuando se desea bajo calor de hidratación.

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

Cemento Pórtland adicionado

Los cementos adicionados incluyen los cementos puzolánicos y los cementos de escorias. Ellos son aglomerantes hidráulicos normalizados obtenidos de la mezcla, íntima y uniforme, de cemento Pórtland y de puzolanas o escorias finamente molidas. Esta mezcla se logra generalmente por la molienda conjunta del Clinker y la sustancia adicionada. (Gallegos, 2005)

Puzolana

Es un material silíceo o silíceo y aluminoso, que por sí mismo puede tener poco o ningún valor cementicio pero que, finamente dividido y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio, a temperaturas comunes, para formar compuestos que poseen propiedades cementicias. (NTP 334.090, 2011)

Las puzolanas pueden ser naturales (formadas por enfriamiento rápido del sílice contenido en la lava de erupciones volcánicas y ricas en óxido de sílice SiO_2), o artificiales (cenizas volantes obtenidas del filtrado de los humos de centrales térmicas, y humo de sílice o microsílíce obtenidas del filtrado de los humos de hornos de producción de sílice o silicatos metálicos). (Gutiérrez, 2003)

Ventajas de la puzolana

Según Gutiérrez (2003), la puzolana se define como un material silíceo o sílico – aluminoso que por sí mismo posee poco o ningún poder cementante pero molido finamente y en presencia



de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente que se encuentra en el cemento para formar compuestos con propiedades cementantes.

Las puzolanas reaccionan lentamente, ocasionando un retardo de tiempo para llegar a la resistencia final.

Las adiciones de puzolana se emplean para disminuir el calor de hidratación especialmente cuando se trata de concretos masivos.

Las puzolanas al igual que las escorias son resistentes a los sulfatos y desprenden bajo calor de hidratación; la reacción de hidratación es lenta.

Las puzolanas actúan como llenante de los poros existentes entre los granos de cemento de una pasta ya que tienen un diámetro hasta 100 veces menor que las partículas de cemento, y a la vez reaccionan con la cal libre del cemento y con el agua pues tienen los mismos elementos químicos principales del cemento Pórtland, son la base del diseño de pastas de alta resistencia, porque producen una mejor cementación de la pasta.

Cemento Pórtland tipo IP

Según ASOCEM (Asociación de productores de cemento), es el cemento adicionado producido mediante la molienda conjunta de Clinker y puzolana (contenido de puzolana: 15% -40%).

Cemento de albañilería

Cemento hidráulico, utilizada principalmente en trabajos generales de albañilería, a base de una mezcla de cemento Pórtland o cemento Pórtland adicionado y materiales plastificantes (tales como **caliza**, cal hidratado o hidráulica) junto con otros materiales incorporados para mejorar una o más propiedades tales como tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad. (NTP334.069, 2017)

Cemento plástico

Un cemento hidráulico, que se utiliza principalmente en construcción enlucido a base de cemento Pórtland, que consiste en una mezcla de Pórtland o materiales mezclados de cemento hidráulico y plastificantes (tales como **pedra caliza** o cal hidratada o hidráulico), junto con otros materiales introducidos para mejorar una o más propiedades, tales como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad. (ASTM C 1328)

Cemento Pórtland tipo II:

Cemento Pórtland calizo de 5 % a 15 % de filler calizo. (Biondi, 50-53) y (ASOCEM)



La relación agua/cemento (a/c)

Según ASOCRETO (2010), en una mezcla de mortero o concreto se describe como la cantidad de agua en masa, sin incluir el agua absorbida por los agregados, sobre la cantidad de cemento en masa. La aparición y aplicación generalizada de las adiciones minerales, tales como la microsílica y la escoria de alto horno, ha forzado a que en el denominador de la relación a/c se use la totalidad del material cementante.

2.2.1.4.2. Agregado fino

Material pasante de la malla No. 4 y retenido en la malla No. 200, con tamaños entre 4.76 mm y 74 Micras (0.074 mm.). (Gutiérrez, 2003)

Es conveniente que la arena sea gruesa, con granos redondeados y de una granulometría completa (con variedad en el tamaño de las partículas), ya que así se pueden llenar los espacios vacíos. (San Bartolome, 1994)

Función de la arena en la mezcla

La función de la arena en la mezcla es proporcionarle estabilidad volumétrica, permitiendo el asentado de varias hiladas en una jornada de trabajo; adicionalmente, la arena atenúa la contracción por secado, por lo que se recomienda: no usar arena fina y lavar la arena gruesa si ella tuviese mucho polvo. (Gallegos, 2005)

Límites granulométricos

La norma E.070 indica en la tabla 3 la granulometría requerida, similar a la de la norma ASTM D-75, caracterizada por la variedad en el tamaño de las partículas. Hay evidencia de que las arenas gruesas producen morteros ásperos con mayor resistencia a la compresión, mientras que las arenas finas optimizan la adhesión.

Debe preferirse las arenas de granulometría completa, bien graduadas, pues producen morteros trabajables y adhesivos. Estas características son aún mejores si las partículas de la arena son redondeadas. Diferentes ensayos han demostrado que los granos muy finos los que pasan la malla ASTM #200 son deletéreos para la adhesión. (San Bartolome, 1994)

Granulometría

El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes que proporcionen resistencias según lo especificado en los planos, además de dar las siguientes indicaciones. (RNE, 2006).



Tabla 3. Porcentaje que pasa en la malla según ASTM E-11 y norma E-070

Malla # (mm)	Porcentaje que pasa	
	ASTM E-11	E-070
4 (4.75)	100	100
8 (2.36)	95 a 100	95 a 100
16 (1.18)	70 a 100	
30 (0.60)	40 a 75	
50 (0.30)	10 a 35	
100 (0.15)	2 a 15	25% máx.
200 (0.075)	0	10% máx.

Fuente: (San Bartolomé, Construcciones de Albañilería, 1994)

La Norma E.070 indica que no deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas. El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5. No deberá emplearse arena de mar.

Es conveniente que la arena sea gruesa, con granos redondeados y de una granulometría completa (con variedad en el tamaño de las partículas), ya que así se pueden llenar los espacios vacíos. (San Bartolomé, Construcciones de Albañilería, 1994).

Procedimiento del ensayo de granulometría

Según la norma NTP 400.012 (2013), tomar la muestra representativa de una muestra mayor, distribuirla uniformemente con una cuchara, sobre una superficie plana donde no haya pérdida de material mezclarlo tres veces por volteo y dividir la muestra en cuatro porciones y retirar los cuartos opuestos diagonalmente, seguir mezclando el material y cuartear hasta que la muestra quede reducida al tamaño deseado. Este procedimiento es según la norma (NTP 400.043, 2015). Por lo tanto, se coloca la muestra seca como mínimo 300 g. en los tamices encajados en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y agitar los tamices por un periodo suficiente. Luego, calcular los pesos retenidos en cada tamiz, el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos.

Módulo de fineza (MF)

Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie 100, 50, 30, 16, 8, 4 y dividido por 100.

NTP 400.011 (2008).

El valor de este módulo es mayor, cuando el agregado contiene granos más gruesos y decrece cuando el agregado disminuye de tamaño. (ASOCRETO, 2010).



Peso específico

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas.

Según la NTP 400.022 (2013), esta norma técnica peruana se aplica para la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino (No incluyendo el volumen de los vacíos entre las partículas), la densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad, en kg/cm^3 se expresa como seca al horno (OD), saturada superficialmente seca (SSD) o como la densidad aparente. Del mismo modo, la densidad relativa (Gravedad específica), una cantidad adimensional, se expresa como OD, SSD, o como la densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente). La densidad OD se determina después de secar el agregado. La densidad SSD, la densidad relativa SSD, y la absorción se determinan después de remojar el agregado en agua para un periodo duración prescrita.

Densidad aparente

Está definida por la relación entre el peso y el volumen de las partículas de ese material incluidos todos los poros, saturables y no saturables.

Para el diseño de mezclas, la densidad que interesa es la densidad aparente, pues con ella se determina el peso del agregado requerido para un volumen unitario de concreto, porque los poros interiores de las partículas van a ocupar un volumen dentro de la masa del concreto y el agua que se aloja dentro de los poros saturables no hace parte del agua de mezclado. Es decir, en una mezcla de concreto el material está saturado (tiene sus espacios vacíos llenos de agua), pero está superficialmente seco. (Gutiérrez, 2003)

Procedimiento del ensayo de peso específico

Según la norma NTP 400.022 (2013), se coloca la muestra de ensayo en un recipiente adecuado y secar en una estufa hasta una masa constante a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Dejar que se enfríe a temperatura apropiada de manipulación (aproximadamente 50°C), cubrir con agua, ya sea por inmersión o por adición hasta alcanzar al menos 6% de humedad del agregado fino y se deja reposar durante $24\text{h} \pm 4\text{h}$. (NTP-400.022, 2013).



Cálculos:

Densidad relativa (Gravedad específica) (OD), gr/cm³

$$\frac{A}{(B + C - S)}$$

Densidad relativa (Gravedad específica) (SSD), gr/cm³

$$\frac{S}{(B + S - C)}$$

Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente), gr/cm³

$$\frac{A}{(B + A - C)}$$

Densidad (OD), kg/m³

$$\frac{997.5 A}{(B + S - c)}$$

Densidad (SSD), kg/m³

$$\frac{997.5 S}{(B + S - c)}$$

Densidad aparente (SSD), kg/m³

$$\frac{997.5 A}{(B + A - c)}$$

Donde:

A = Masa de la muestra seca al horno, (gr)

B = Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, (gr)

C = Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, (gr)

S = Masa de la muestra de saturado superficialmente seca, (gr)

OD= Condición seca al horno.

SSD= Condición saturada superficialmente seca.



Absorción %

Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado.

Tiene importancia pues se refleja en el concreto reduciendo el agua de mezcla, con influencia en las propiedades resistentes y en la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para hacer las correcciones necesarias. (Pasquel, Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, 1993).

Cálculo:

$$100\left[\frac{(S-A)}{A}\right]$$

Donde:

A = Masa de la muestra seca al horno, (gr)

S = Masa de la muestra de saturado superficialmente seca, (gr)

Contenido de humedad

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas. (Pasquel, Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, 1993)

Cálculo:

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

Donde:

P%: Contenido total de la humedad evaporable de la muestra en porcentaje, (%)

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos, (gr)

D: Masa de la muestra seca en gramos, (gr)



Peso unitario

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. (Pasquel, Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, 1993).

Procedimiento del ensayo de peso unitario

Según la norma NTP 400.017 (2011), se selecciona una muestra representativa, el tamaño de la muestra será de 125% a 200% la cantidad requerida para llenar el recipiente, secar la muestra en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Se realizará el ensayo por dos métodos uno suelto y otro por apisonado. Por el método de apisonado se llenará el recipiente a 1/3 del total y nivelar la superficie. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente, llenar el recipiente a los 2/3 del total y nuevamente nivelar y apisonar, finalmente, llenar el total del recipiente y apisonar. Nivelar la superficie con una espátula. Luego, registrar la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío. Finalmente, el ensayo por el método suelto se llena con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") por encima de la parte superior del recipiente. Eliminando el agregado sobrante.

Cálculo:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M= Peso Unitario del agregado (kg/m³)

G= Peso del recipiente más el agregado (kg)

T= Peso del recipiente (kg)

V=Volumen del recipiente (m³)

2.2.1.4.3. Agua

El agua deberá estar limpia y libre de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos, u otras sustancias dañinas al mortero. (NTP399.610, 2003)

El agua es el único componente que determina la consistencia o fluidez del mortero. Está probado que para lograr la máxima adhesión debe buscarse la máxima consistencia compatible con el manipuleo del mortero con el badilejo; y que debe añadirse agua para recuperar la



consistencia perdida por secado del mortero (retemplado), siempre y cuando esto se haga antes del inicio de la fragua inicial del cemento. Este inicio puede establecerse una hora y media en climas calientes y dos horas en climas fríos. (Gallegos, 2005)

La función del agua es proporcionar trabajabilidad a la mezcla, así como hidratar al cemento. (San Bartolomé, Construcciones de Albañilería, 1994)

Recomendaciones:

Según Gallegos (2005):

- El agua en general debe ser limpia libre de sustancias deletéreas tales como: aceites, ácidos, álcalis o cualquier otra que resulte dañina.
- La utilización de agua de mar es tolerable cuando no hay armadura en la hilada y siempre y cuando se admita, en la edificación terminada, la eflorescencia que las sales presentes en ella inevitablemente causaran.
- El agua para uso doméstico es siempre satisfactoria.

2.2.1.4.4. Adiciones.

Materiales minerales que se incorporan al cemento, generalmente en molienda conjunta como ciertas rocas naturales o no (puzolanas, escoria granulada de alto horno, caliza, humo de sílice) que actúan, o bien aumentando las propiedades hidráulicas del cemento o mejorando otras cualidades debido a una adecuada granulometría (aumento de la trabajabilidad y retención de agua, disminución de la porosidad y capilaridad, reducción de la fisuración, etc.). (NTP 334.001 Cementos: Definiciones y nomenclatura, 2001)

Polvos finos

Los polvos finos e inertes, mejoran las características de los hormigones frescos en la medida en que estos hormigones carecen de elementos muy finos. En este caso la exudación disminuye y las resistencias mecánicas pueden quedar aumentadas. Por el contrario, si el hormigón está bien compuesto y es rico en cemento, la adición de estos elementos finos puede no producir efecto alguno o incluso rebajar las resistencias mecánicas a igualdad de plasticidades. (Rivera G. , N.E)

Caliza

Son compuestos principalmente de carbonato cálcico (CaCO_3) en forma de calcita, que molidos conjuntamente con el clínker Pórtland, en proporciones determinadas, afectan favorablemente a las propiedades y comportamiento de los morteros y hormigones, tanto frescos como



endurecidos. Su acción principal es de carácter físico: dispersión, hidratación, trabajabilidad, retención de agua, capilaridad, permeabilidad, retracción, fisuración. (RC 08, 2008)

2.2.1.5. Diseño del mortero de cemento

Para obtener las proporciones de la mezcla del mortero que cumpla las características deseadas, con los materiales disponibles se prepara una primera mezcla de prueba teniendo como base unas proporciones iniciales que se determinan siguiendo el orden que a continuación se indica:

2.2.1.5.1. Selección de la fluidez

Tabla 4. Fluidez recomendada para morteros

% FLUIDEZ (MESA DE FLUJO)	CONSISTENCIA	TIPO DE ESTRUCTURA	CONDICIONES DE COLOCACIÓN	SISTEMA DE COLOCACIÓN
80-100	Dura (seca)	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos.	Secciones sujetas a vibración.	Proyección neumática, con vibradores de formaleta.
100-120	Media (plástica)	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos.	Sin vibración.	Manual con palas y palustres.
120-150	Fluida (húmeda)	Rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos.	Sin vibración.	Manual, bombeo, inyección.

Fuente: (Rivera, N.E)

2.2.1.5.2. Determinación de la resistencia de dosificación

El mortero debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia promedio lo suficientemente alta, minimizando la frecuencia de resultados de pruebas de resistencia por debajo de la resistencia tomada para diseño.

Mortero tipo	R´m (MPa)
M	17.5

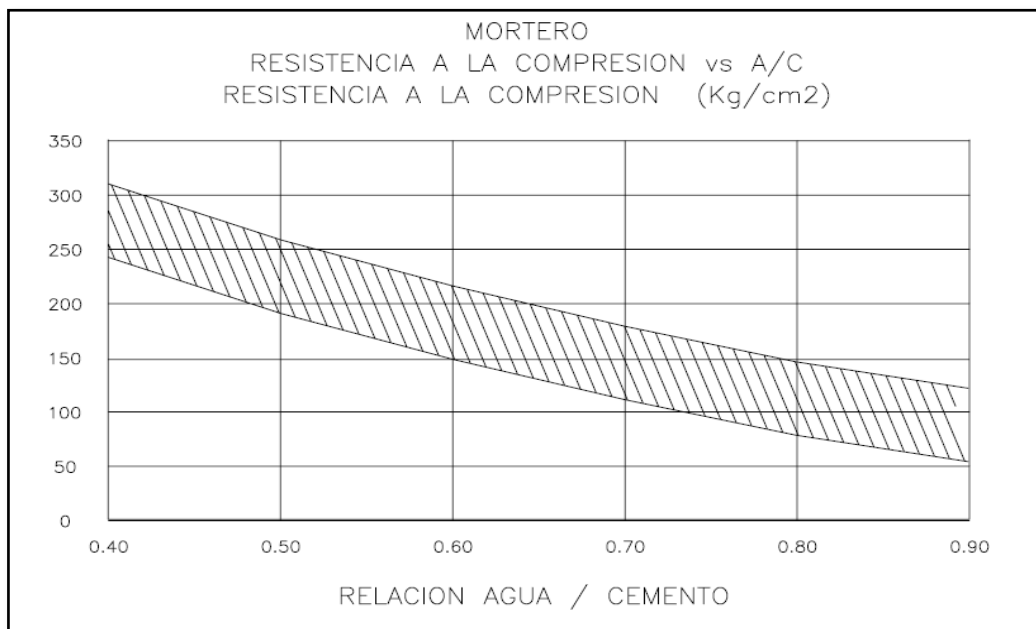
Fuente: (Rivera, N.E)



2.2.1.5.3. Selección de la relación agua cemento

La relación agua/cemento (A/C) requerida se debe determinar no sólo por los requisitos de resistencia, sino también por factores de durabilidad, retracción, etc. Puesto que distinto cemento, agua y agregado producen generalmente resistencias diferentes con la misma A/C, es muy conveniente encontrar la relación entre la resistencia y la A/C para los materiales que se usarán realmente.

Figura 4. Resistencia a la compresión del mortero Vs. A/C



Fuente: (Rivera, N.E)

Realizada para materiales locales teniendo en cuenta que entre más grueso sea el agregado fino (mayor módulo de finura), la curva de resistencia a la compresión vs (A/C) tiende hacia la parte superior del rango señalado.

La ecuación para el límite superior (arenas gruesas)

$$R_{C_{Mortero\ 28d}} = \frac{666,57}{6,59^{\frac{A}{C}}}$$

La ecuación para el límite inferior (arenas finas)

$$R_{C_{Mortero\ 28d}} = \frac{851,12}{19,86^{\frac{A}{C}}}$$



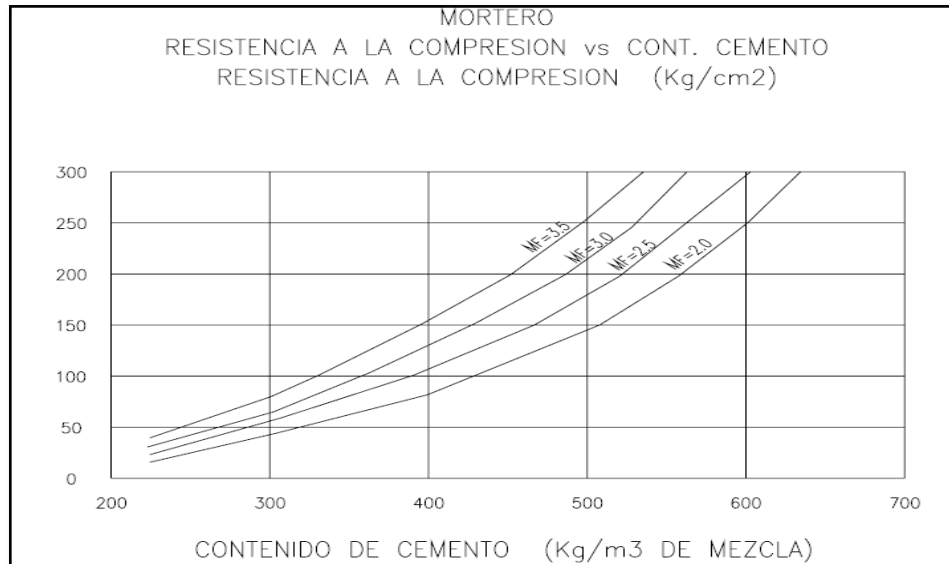
Donde:

Rc mortero 28d: Resistencia a la compresión del mortero a los 28 días en kg/cm².

A/C: Relación agua – cemento en masa.

2.2.1.5.4. Estimación del contenido de cemento

Figura 5. Resistencia a la compresión del mortero vs. contenido de cemento



Fuente: (Rivera, N.E)

La cantidad de cemento en kg por m³ de mortero (C) para una primera mezcla de prueba se puede suponer empleando la figura No. 2

2.2.1.5.5. Cálculo de la cantidad de agua

A = Cantidad de agua (kg/m³ de mortero) = A = C * (A/C)

Si se va a emplear aditivo se deben consultar las recomendaciones del fabricante, si es del Caso reducir la cantidad de agua y cemento.

2.2.1.5.6. Cálculo del contenido de agregado

V_f = Volumen absoluto del agregado (dm³)

C = Cantidad de cemento (kg.)

A = Cantidad de agua (kg.)

G_c = Densidad del cemento (kg. /dm³)

G_a = Densidad del agua (kg. / dm³)

Vol. absoluto material = Masa material / Densidad.



2.2.1.5.7. Cálculo de las proporciones iniciales

El método más práctico para expresar las proporciones de un mortero es indicarlo en forma de relación por masa de agua, cemento y agregado tomando como unidad el cemento.

Las siguientes son las fórmulas para calcular las proporciones iniciales (en masa seca del agregado):

$$a : c : f$$

$$a/c : 1 : f$$

$$a/c = A / C$$

$$f = Pf / C$$

2.2.1.6. Propiedades del mortero

2.2.1.6.1. Resistencia a la adherencia por flexión

El método de ensayo para determinar la resistencia a la adherencia por flexión adherente de mampostería es el más común para la evaluación de esa propiedad del mortero. Este método consiste en cargar hasta la falla un prisma de mampostería, ensayado como una viga simple. La resistencia a la adherencia es desarrollada entre la unidad de mampostería y el mortero, y en estado fresco el mortero debe ser capaz de fluir sobre la unidad y llenar todas las cavidades de la superficie. La resistencia a la adherencia del mortero en laboratorio, crece con el aumento del consumo de cemento. (ASOCRETO, 2010).

Adherencia unidad-mortero

Es la capacidad de absorber, tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero y una estructura, es decir a la capacidad de responder monolíticamente con las piezas que une ante solicitudes de carga. (Gutiérrez, 2003).

Ésta se logra cuando los solubles del cemento (básicamente la etringita) son absorbidos por la unidad, cristalizándose (como agujas) en sus poros. La adherencia se ve favorecida cuando el mortero penetra en las perforaciones y rugosidades de la unidad, formando una especie de llave de corte entre las hiladas. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería, 2018)

Unidades de albañilería

Según el estudio realizado en la tesis intitulada “EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LOS LADRILLOS FABRICADOS EN CUSCO”, por Luis Carlos Loayza Fernández Baca (2012). En este trabajo de investigación se llega a la conclusión y recomienda



el uso de ladrillos King Kong de 18 huecos para albañilería estructural fabricados por las ladrilleras LATESA y ladrillera Zona -14.

Tabla 5. Resultados de los ladrillos tipo King Kong de 18 huecos de LATESA

Propiedad	Valor	Unidad
Alabeo	0.88	mm
Absorción	12.24	%
Succión	38.55	gr/200 cm ²
Resistencia a la tracción	26.69	kg/cm ²
Resistencia a la compresión	258.62	kg/cm ²
Calificación	Excelente para albañilería estructural	
Clase	Ladrillo tipo V	

Fuente: (Loayza, 2012)

Tabla 6. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: (RNE, 2006)

Como indica la norma E 070 del RNE, para la zona sísmica 2 y 3 se utilizará ladrillos sólidos que tengan un área de vacíos menor al 30%, los ladrillos de tipo King Kong de 18 huecos con 45% de vacíos sólo para la zona sísmica 1, no usar King Kong de 18 huecos con más del 30% de vacíos.

La unidad de mampostería es esencial para una buena adherencia. Esto se puede mejorar a través del uso de morteros que tengan una apropiada composición, buena trabajabilidad, y con una adecuada colocación. (Salamanca, 2001)

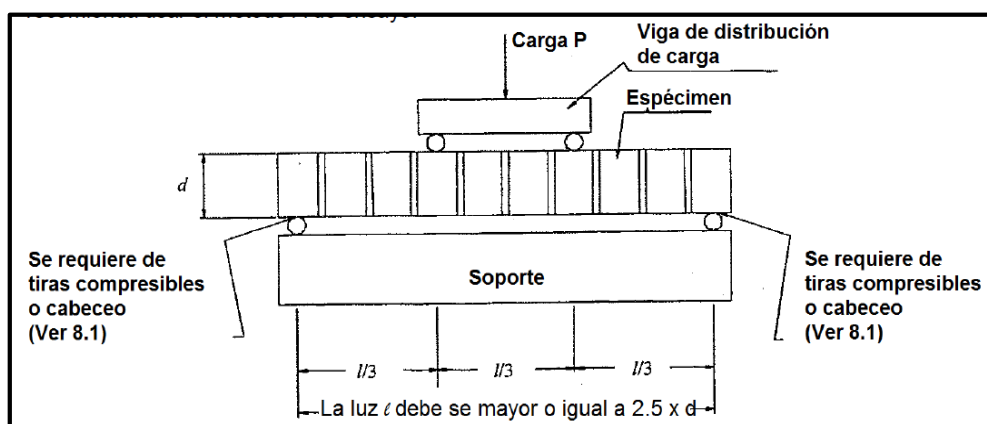
Para unidades de arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas. (RNE, 2006).

Procedimiento del ensayo de resistencia a adherencia por flexión

Según la norma ASTM E – 518, Para este método la luz mínima entre los soportes no debe ser menor que 2.5 multiplicado por el espesor promedio del espécimen. La distancia entre cada soporte y el punto adyacente de carga debe ser de un tercio de la luz $\pm 3\text{mm}$ (0.1 pulg). Los soportes deben ser rodos de acero con un diámetro máximo de 25mm (1 pulg) y deben usarse para soportar el espécimen y para aplicarle la carga. Los rodos de acero se deben extender sobre el ancho total del espécimen y deben tener el mismo diámetro nominal.

Finalmente, se colocan los especímenes de ensayo (prismas) sobre sus soportes, como una viga simplemente apoyada. Si no se obtiene un contacto completo entre el espécimen (prisma) y los rodos de aplicación de la carga o de los soportes, se pueden aplicar tiras compresibles o se puede aplicar una cama de material de cabeceo a base de yeso, para nivelar y asentar el espécimen (prisma) adecuadamente a fin de asegurar la aplicación uniforme de la carga. Cuando se usan tiras compresibles, las mismas deben ser de cuero o de un material compresible similar de espesor uniforme, de no menos de 6 mm ($\frac{1}{4}$ pulg) de espesor, 25 a 50 mm (1 a 2 pulg) de ancho y que se extiendan a través del ancho total del espécimen (prisma).

Figura 6. Método de ensayo de adherencia por flexión a tercios de la luz



Fuente: (ASTM E518M-10, 2010)

Cálculos:

$$R = \frac{(P + 0.75 P_s)\ell}{bd^2}$$



Donde:

R=Módulo de ruptura sobre área bruta, MPa (lb/pulg²)

P=Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, N, (lbf)

Ps=Peso (masa) del espécimen (prisma), N, (lbf)

l =Luz, mm (pulg)

b=Ancho promedio del espécimen (prisma), mm (pulg)

d=Espesor promedio del espécimen (prisma), mm (pulg)

2.2.1.6.2. Consistencia (temple o fluidez)

Se define como la capacidad que tiene la mezcla de poder discurrir (fluir), o de ser trabajable con el badilejo. Para determinar la Fluidez en obra, se puede utilizar la prueba de revenimiento (slump o asentamiento) en el cono de Abrams, recomendándose que éste sea de 6 pulgadas. En el Laboratorio se realiza un ensayo en la mesa de sacudidas, la que consiste de un molde tronco-cónico (diámetro en su base = $D_0 = 10$ cm) sobre el cual se vacía y apisona en 3 capas la mezcla; luego se desmolda, se imprime 25 golpes verticales y se observa cuánto se incrementa el diámetro inicial (de D_0 a D_1), Se recomienda que la fluidez (definida mediante la expresión $100 (D_1 - D_0) / D_0$) sea del orden de 120%.

En realidad, la prueba en la mesa de sacudidas no se emplea en obra y sólo sirve con fines de investigación, las que terminan dando recomendaciones de carácter práctico, como el uso de la cal en unidades que se asientan en seco, o un slump apropiado en el cono de Abrams. (San Bartolomé, Construcciones de Albañilería, 1994).

Procedimiento de ensayo de consistencia, fluidez o flujo:

Se limpia y se seca la plataforma de la mesa de flujo, se coloca el molde en el centro, se vierte en el molde una capa del mortero de unos 25 mm (1") de espesor y se apisona con 20 golpes del compactador se adiciona una capa al ras y se sigue el mismo procedimiento detallado anteriormente, se retira el exceso y se alisa la superficie por medio de una espátula.

NTP 334.057, (2014).

Se limpia la plataforma de la mesa, se retira el molde y se deja caer a una altura de 12.7 mm (1/2") en 25 veces en 15 segundo al terminar se mide el diámetro de la base de la muestra por lo menos en cuatro puntos equidistantes y se calcula el diámetro promedio.

La fluidez es el aumento del diámetro de la muestra expresado como un porcentaje del diámetro de la base mayor del molde según la siguiente fórmula:



Cálculo:

$$\%fluidez = \left(\frac{D1 - D0}{D0} \right) * 100\%$$

Donde:

%fluidez: valor del flujo de la muestra elaborada (%)

D1: Diámetro promedio de las mediciones a la muestra (cm)

Do: Diámetro inicial de la muestras, es el valor del diámetro inferior de molde.

2.2.1.6.3. Resistencia a la compresión

Es una medida para determinar la capacidad que tiene el mortero de soportar una fuerza impuesta. La resistencia depende mucho del contenido de cemento y de la relación agua-cemento, esta crece con el aumento del contenido de cemento y disminuye con el aumento de cal, arena, agua o contenido de aire. (ASOCRETO, 2010)

Cuando el muro de albañilería es portante de carga vertical, el mortero cumple además una función resistente, por lo que es conveniente que las resistencias de las unidades y del mortero sean parecidas. (San Bartolomé, Quiun, & Silva, Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería, 2018)

Procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión

Según la norma NTP 334.051, (2013), primero se prepara los moldes para el mortero aplicando un lubricante en las paredes internas de los moldes e impermeabilizando exteriormente las uniones de contacto. Para este ensayo se debe hacer un mínimo de 3 cubos. Luego se coloca una primera capa de mortero de 25 mm y se apisona con 32 golpes con el compactador por unos 10 s. para un llenado uniforme. A continuación, se llena con una segunda capa y se apisona como en la primera capa. Nivelando los bordes con la ayuda de un badilejo. Terminada la operación de llenado, los cubos se colocan en una cámara húmeda de 20 h a 24 h con las caras superiores expuestas al aire pero protegidas contra la caída de gotas de agua. Finalmente para el día del ensayo en la máquina de compresión se comprueba con una regla que están perfectamente planas. Por último, se coloca cuidadosamente el cubo centrándolo en la máquina de ensayo a una velocidad constante hasta producir la falla y se debe registrar la carga máxima indicada en la máquina de ensayo en el momento de la rotura.

Cálculo:

$$Fm = P/A$$



Donde:

Fm: Resistencia a compresión en (Mpa).

P: es la carga máxima total en (N).

A: es el área de la superficie de carga en (mm²).

2.2.1.6.4. Resistencia a la flexión

Según ASOCRETO (2010), con esta prueba se pretende conocer el comportamiento del mortero cuando es sometido a esfuerzos de flexión. La resistencia a la flexión es también necesaria porque mide la capacidad del mortero para resistir agrietamiento.

Procedimiento del ensayo de resistencia a la flexión

Según la norma NTP 334.120 (2002), se fabricarán prismas de mortero de 40 x 40 x 160mm. Moldeándolos por apisonamiento en dos capas, una primera capa de 20 mm de espesor compactando con doce golpes para luego completar con una segunda capa repitiendo el mismo procedimiento como en la capa inferior, después alisar la superficie de cada espécimen con el badilejo. Los prismas se curarán un día en los moldes y luego se desmoldarán hasta ensayarlos con carga en el centro. Para el número de especímenes se elaborarán tres o más para cada edad de ensayo especificada. Finalmente se registrará la carga máxima indicada por la máquina de ensayo.

Cálculo:

$$R_f = 0.0028P$$

Donde:

Rf: Resistencia a la flexión, (MPa).

P: Carga máxima total, (N).

2.2.1.6.5. Curado del mortero

En este trabajo de investigación las juntas de mortero de las pilas de albañilería fueron curadas con agua y una brocha para no humedecer la unidad.

Según Gallegos (2005), el curado del mortero no debe ser por vía húmeda, ya que, implicaría humedecer la albañilería, cuando se humedece también las unidades de albañilería, tiene efectos deletéreos de deformaciones, expansión, contracción y atentan contra la adhesión del mortero y las unidades, también, contra la integridad e impermeabilidad de la albañilería. Las



investigaciones realizadas por San Bartolomé demostraron que la adhesividad mortero-unidad de albañilería, reflejada en su resistencia a tracción por flexión, mejora sustancialmente cuando el mortero es curado con agua, con relación a especímenes no curados.

2.2.2. Mármol

Los mármoles se producen por recristalización de calizas y dolomitas sedimentarias a temperaturas y presiones elevadas, es decir han sufrido metamorfismo originándose un alto grado de cristalización apreciable a simple vista. (Díaz & Ramirez, 2009).

2.2.2.1. Características del mármol

Según los estudios petrográficos realizados a los residuos de mármol de la cantera de Cullpahuanca se consiguieron las siguientes características:

a) **Grado de fracturamiento:** Fuerte – moderado.

b) **Dureza:** Se define como la capacidad que tiene el mineral para rayar o dejarse rayar por otros minerales u objetos; depende de la estructura cristalina, y por lo tanto de la fuerza de enlace químico.

La escala de MOHS (1824), de uno a diez, califica la dureza con prototipos, del más blando al más duro así:

Figura 7. Escala de Mohs

Mineral	Dureza	Composición
Talco	1	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
Yeso	2	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Calcita	3	$CaCO_3$
Fluorita	4	CaF_2
Apatito	5	$Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$
Ortoclasa	6	$KAlSi_3O_8$
Cuarzo	7	SiO_2
Topacio	8	$Al_2SiO_4(F, OH)_2$
Corindón	9	Al_2O_3
Diamante	10	

Fuente: (Duque, 2019)



La dureza del mármol varía entre 4.0 – 5.0 en la escala de Mohs.

c) **Densidad específica:** 2.65 - 2.7 gr/cm³.

d) **Reacción al Hcl (Ácido clorhídrico):** Fuerte - moderado.

2.2.2.2. Composición mineralógica

2.2.2.2.1. Descripción petrográfica y química del mármol de la cantera de Cullpahuanca

• **En una primera muestra denominada C- 1 se tiene:**

1. **Textura:** Pórfido, granoblástica o heterogranoblástica. Granos entrelazados de wollastonita y calcita.

a) **Color:** Blanco grisáceo

b) **Tamaño de grano:** Fenos de calcita de 0.3 a 0.8 mm y wollastonita de 1.0 mm. En medio de una matriz de granos entrelazados de Wo y Cac de 0.03 a 0.30mm.

2. Composición mineralógica:

DESCRIPCION	ABREVIATURA	PORCENTAJE
Wollastonita	(Wo)	65%
Calcita	(Cac)	30%
Opacos		4.50%
Cuarzo	(Qz)	0.50%
TOTAL		100%

3. Mineralogía:

a) **Wo.-** Cristales tabulares y fibrosos y sub idiomorfos a idiomorfos, generalmente de 0.04 a 0.25mm.

b) **Cac.-** Cristales irregulares, Xenomorfos de 0.03 a 0.30mm generalmente.

c) **Opacos.-** (Ofe- Hematites) xenomorfos ± 0.015 mm.

d) **Cuarzo (Qz).-** Xenomorfos ± 0.04 mm

4. **Nombre de la roca:** Mármol de wollastonita.

5. Otras propiedades:

a) Grado de fracturamiento: fuerte.



- b) Dureza: 4.5 en la escala de Mohs.
- c) Densidad específica: 2.7 gr/cm³.
- d) Reacción al HCl: Moderado.

• **En una segunda muestra denominada C- 2 se tiene:**

1. Textura: Isonogranoblástica.

Granos irregulares ± indentados de calcita.

- a) **Color:** Mármol Gris Oscuro
- b) **Tamaño de grano:** 0.05 a 0.30 mm.

2. Composición mineralógica:

DESCRIPCION	ABREVIATURA	PORCENTAJE
Calcita	(Cac)	94%
Feldespatos, Qz		3%
Opacos		3%
TOTAL		100%

3. Mineralogía:

- a) **Calcita.-** Granos Xenomorfos generalmente de 0.012 a 0.250 mm.
- b) **Feldespatos/ Qz .-** Xenomorfos de 0.06 a 0.02 mm.
- c) **Opacos.-** Cristales euhedrales a subhedrales ,con forma pseudoexagonal rómica de 0.017 a 0.030 mm.

4. Nombre de la roca: Mármol Gris Oscuro.

5. Otras propiedades:

- a) Grado de Fracturamiento: Moderado.
- b) Dureza: 4.0 en la escala de Mohs.
- c) Densidad Específica: 2.65 gr/cm³.
- d) Reacción al HCl: Fuerte.

Según la descripción petrográfica de muestras extraídas de la cantera de Quiquijana, analizadas en los laboratorios de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de San

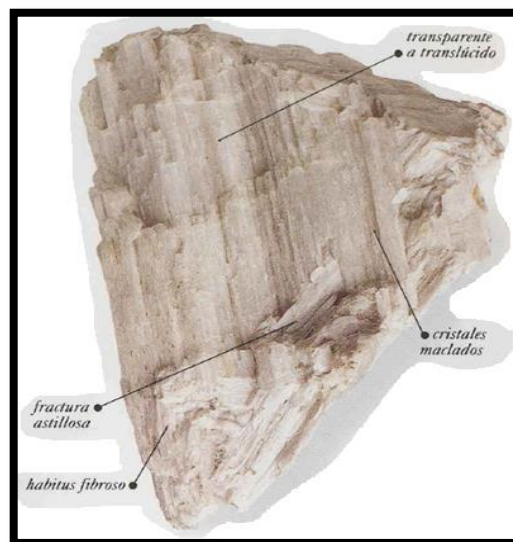


Antonio Abad del Cusco. El informe de análisis de la roca caliza es carbonato cálcico (CaCO_3) en un 65%, con un 29% de insolubles y 0.01% de hierro (Fe).

2.2.2.3. Mármol de wollastonita

Pertenece al grupo de los silicatos, su composición es de CaSiO_3 , los cristales son tubulares y frecuentemente maclados. La wollastonita también se da con habitus masivo, fibroso, granular y compacto. El color es de blanco a grisáceo y algunas veces verde muy pálido o incoloro. Tiene la raya blanca. De transparente a translúcido, con brillo de vítreo a nacarado en las superficies frescas. (Pellant, 1992).

Ilustración 1. Wollastonita



Fuente: (Pellant, 1992)

Textura:

Los cristales son tabulares y frecuentemente maclados. También se da con habitus masivo, fibroso, granular y compacto. Color de blanco a grisáceo y algunas veces verde muy pálido o incoloro. De transparente a translúcido, con brillo de vítreo a nacarado en las superficies frescas.

Formación:

Se forma por metamorfismo de calizas impuras. Cuando ocurre esto, la wollastonita puede estar asociada con brucita y epidota. A menudo, estos minerales producen las vetas de colores brillantes de los mármoles.

Identificación:

Soluble en ácidos, produciéndose la separación de la sílice en su composición.



Escala de Mohs:

Dureza: 4.5 - 5 en la escala de Mohs.

2.2.2.4. Mármol gris

A diferencia de otros mármoles, esta roca se forma a partir de calizas relativamente puras, y por lo tanto, se desarrollan pocos minerales calcosilíceos. El mármol gris es una roca rica en calcita que cuando se estudia al microscopio, se ve que contiene una cantidad pequeña de wollastonita, brucita, tremolita, serpentina o diópsido. (Pellant, 1992).

Ilustración 2. Mármol gris



Fuente: (Pellant, 1992)

Textura:

Es una roca cristalina, con cristales de calcita entrelazados, blanda y pálida. La superficie azucarada puede ser rayada fácilmente con la hoja de un cuchillo. Los mármoles producen efervescencia en una solución débil de ácido clorhídrico esta es una prueba muy útil.

Formación:

Se forma de las aureolas metamórficas de las rocas ígneas, donde la caliza ha sido calentada y recrystalizada.

Identificación:

Produce efervescencia en una solución débil de ácido clorhídrico.

Escala de Mohs:

Dureza: 4.0 en la escala de Mohs.



2.2.2.5. Utilización del mármol

Se puede destacar: en la industria del cemento, como desulfurante, aplicaciones en la industria del papel (hasta un 25%), elaboración de pinturas (hasta un 30%) mejorando las características reológicas de la emulsión, usos agrícolas para reducir la acidez de los suelos (hasta niveles aceptables), prefabricados en la construcción, fabricación de mármoles artificiales, objetos de decoración, restauración de elementos constructivos, entre otros. (Santos, Villegas, & Betancourt, 2012)

El mármol se utiliza principalmente en la construcción, decoración y escultura. Están compuestos principalmente por minerales carbonatados, siempre están presentes como accesorios otros silicatos secundarios. La naturaleza de los constitutivos accesorios depende en grados considerables de las variaciones de los materiales calcáreos, arenáceos y arcillosos, y de la presencia o ausencia de sustancia volátiles. (Santos, Villegas, & Betancourt, 2012)

El mármol fragmentado se emplea como agregado en concretos y como materia prima en la producción de cal viva. En la manufactura ornamental se utilizan en la elaboración de estatuas, figurillas, monumentos, pedestales de lámparas, piezas de ornato, mausoleos, y lápidas, etc. (Díaz & Ramirez, 2009).

Se evidencia una significativa ganancia de fluidez y cohesión al 30% de sustitución de residuos de mármol en concretos autocompactantes. Además, la utilización de los residuos de corte de mármol y granito hasta en un 50% en peso del cemento, no conlleva ningún perjuicio para las propiedades de los hormigones y corroboran que la adición de dichos residuos ayuda a conseguir las propiedades de autocompactabilidad. (Santos, Villegas, & Betancourt, 2012)

Según Valdez, B., I., N., & A. (2011), el uso del residuo de mármol como alternativa al tradicional filler calizo no altera la hidratación final de las pastas compuestas de cemento Pórtland. El polvo de mármol es una adición efectiva para mejorar la cohesión de las mezclas y que permite sustituir hasta un 10% de arena sin afectar la resistencia a compresión. La fabricación de ladrillos a base de residuos de mármol es técnicamente posible y su costo puede ser bastante reducido debido a que su composición es 74% de dicho residuo.

Se ha experimentado con mezclas para concreto auto-compactable utilizando polvo de mármol como filler en sustitución del cemento hasta un 30%, evaluando su resistencia a la compresión y retracción, llegando a la conclusión que su uso puede representar un filler adecuado para



concretos auto-compactables, Su uso agrícola es para reducir la acidez de los suelos (hasta niveles aceptables), (Betancourt, Lizárraga, Rajeswari, Olgún, & Sáenz, 2015)

Corinaldesi (2005), indica que el polvo de mármol es una adición efectiva para mejorar la cohesión del concreto.

Fotografía 5. Residuos de mármol de la cantera Cullpahuanca-Quiquijana



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

2.3. Hipotesis

2.3.1. Hipótesis general

Las magnitudes de las propiedades físico-mecánicas del mortero mejoran al sustituir residuos de mármol en un 15 % en función del cemento.

2.3.2. Sub hipótesis

1. El desarrollo de la resistencia de adherencia por flexión del mortero elaborado con residuos de mármol es mayor con respecto a un mortero tradicional.
2. El desarrollo de la resistencia a flexión del mortero elaborado con residuos de mármol es mayor con respecto al mortero tradicional.
3. El desarrollo de la resistencia a compresión del mortero es favorable en porcentajes menores de sustitución de residuos de mármol con respecto a un mortero tradicional.
4. Al reemplazar residuos de mármol en el mortero tradicional la fluidez mejora notablemente.

2.4. Definición de variables

2.4.1. Variables independientes

- Mármol (Kg).



- Cemento (Kg).
- Arena (Kg)
- Agua (Lt).

2.4.1.1. Indicadores de variables independientes

- Peso de mármol (Kg).
- Peso de cemento (Kg).
- Peso de agregado (Kg).
- Contenido de agua (Lt).

2.4.2. Variables dependientes

- Resistencia a la adherencia por flexión (Kg/cm²).
- Resistencia a la flexión (Kg/cm²).
- Resistencia a la compresión del mortero (Kg/cm²).
- Fluidez %.

2.4.2.1. Indicadores de variables dependientes

- Módulo de ruptura, (Kg/cm²)
- Esfuerzo (Kg/cm²)
- Esfuerzo (Kg/cm²)
- % de fluidez.



2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 7. Operacionalización de la variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION	NIVEL	INDICADOR	INSTRUMENT
Mármol	Los mármoles se producen por la recristalización de calizas a temperaturas y presiones elevadas.	10% 15% 20%	Peso de mármol Kg.	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos. • Referencia normativa. • Guías y manuales.
Cemento	Componente básico aglomerante que proporciona resistencia a la mezcla.	Tipo I Tipo II Tipo IP	Peso de cemento Kg.	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos. • Referencia normativa. • Guías y manuales.
Arena	Componente granular con una completa granulometría capaz de llenar los espacios vacíos.	Granulometría Peso específico. Humedad. Absorción.	Peso de agregado Kg.	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos. • Referencia normativa. • Guías y manuales.
Agua	Permite la hidratación del cemento y hace que la mezcla sea manejable.	Agua potable o no potable.	Contenido de agua Lt.	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos. • Referencia normativa. • Guías y manuales.

Fuente: Elaboración propia



Tabla 8. Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION	NIVEL	INDICAD.	INSTRUMENT.
Resistencia a la adherencia por flexión (Módulo de ruptura).	Es la capacidad de absorber, tensiones normales y tangenciales de la albañilería.	Resistencia a los 28 días.	Módulo de ruptura, (Kg/cm ²).	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos. • Referencia normativa. • Guías y manuales.
Resistencia a la flexión.	Es una medida de la resistencia a la tracción.	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a los 7 días. • Resistencia a los 14 días. • Resistencia a los 21 días. • Resistencia a los 28 días. 	Esfuerzo (Kg/cm ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos. • Referencia normativa. • Guías y manuales.
Resistencia a la compresión.	Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a los 7 días. • Resistencia a los 14 días. • Resistencia a los 21 días. • Resistencia a los 28 días. 	Esfuerzo (Kg/cm ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos. • Referencia normativa. • Guías y manuales.
Fluidez	La capacidad que tiene la mezcla de poder discurrir o de ser trabajable con el badilejo.	100% - 120%	% de fluidez.	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos. • Referencia normativa. • Guías y manuales.

Fuente: Elaboración propia



Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

Esta investigación corresponde al enfoque cuantitativo porque según Hernández, Fernández, & Pilar (2006), este enfoque usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

Según Hernández, Fernández, & Pilar (2006), la investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, describe tendencias de un grupo o población.

Se ha determinado que el nivel de la investigación es descriptiva porque, se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de un nuevo material de construcción que se someta a un análisis. Es decir, únicamente se pretenderá medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refieren.

3.1.3. Método de investigación

El método es un elemento necesario en la ciencia, ya que sin él no sería fácil demostrar si un argumento es válido. (Valderrama, 2002).

Esta investigación responde al Método Hipotético–Deductivo; ya que, consiste en emitir hipótesis acerca de las posibles soluciones al problema planteado y en comprobar con los datos disponibles si estos están de acuerdo con aquella, y que a partir de procedimientos lógicos se demuestran si son válidas o no.

3.2. Diseño de la investigación

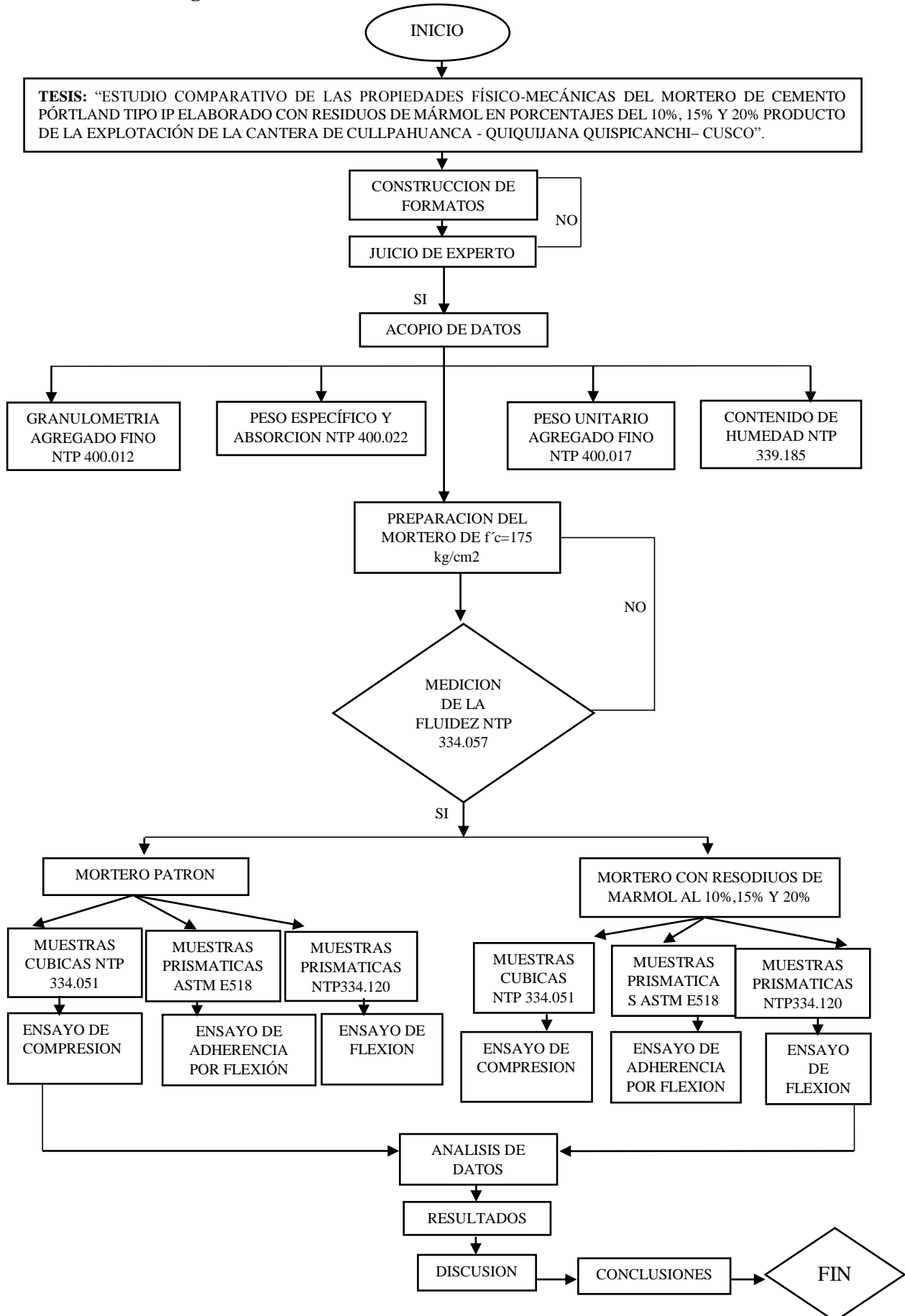
3.2.1. Diseño metodológico

La presente investigación pertenece al diseño experimental porque según (Bernal, 2010), Se caracterizan por un alto grado de control de las variables y porque efectúan asignación aleatoria de los sujetos a los grupos (experimental y control) participantes en la investigación.

Vamos a manipular intencionalmente una acción en este caso las variables independientes llamadas también causas para manipular sobre una o más variables dependientes o efectos.



3.2.2. Diseño de ingeniería





3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

Población es la totalidad o el conjunto de todos los sujetos o elementos que tienen ciertas características similares y a los cuales se refiere la investigación. (Bernal, 2010).

En la presente investigación la población es el mortero elaborado con arena de las canteras de Cunyac y Vicho, cemento Pórtland tipo IP “Yura”, residuos de mármol de la cantera de Cullahuanca en porcentajes de 10%, 15% y 20% y agua potable.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

La cuantificación de la población es única, ya que está constituida por un solo elemento, el mortero, que es elaborado con residuos de mármol en diferentes porcentajes.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

Es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuaron la medición y la observación de las variables objeto de estudio.

En esta investigación se tomó como muestras a probetas cúbicas de 5cmx5cmx5cm, elaborando 4 unidades para cada edad (7, 14, 21 y 28 días), para 4 tipos de morteros (patrón y experimental al 10%, 15% y 20%), seguidamente, se realizó probetas prismáticas de 4cmx4cmx16cm, finalmente se elaboró pilas de albañilería para la edad de 28 días.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

- Para el ensayo de resistencia a la compresión, se realizó una probeta cúbica de 5 cmx5cmx5cm, luego, fueron elaborados 4 unidades para cada edad (7, 14, 21 y 28 días), para 4 tipos de morteros (patrón y experimental al 10%, 15% y 20%), haciendo un total de 64 muestras cubicas para este ensayo.
- Para el ensayo de resistencia a la flexión, se elaboró una probeta prismática de 4cmx4cmx16cm, fueron elaborados 4 unidades para cada edad (7, 14, 21 y 28 días), para 4 tipos de morteros (patrón y experimental al 10%, 15% y 20%), haciendo un total de 64 muestras prismáticas para este ensayo.



- Para el ensayo de resistencia a la adherencia por flexión, se fabricó pilas de albañilería, 5 unidades para el mortero patrón y experimental al 10%, 15% y 20%, para la edad de 28 días haciendo un total de 20 pilas para este ensayo.

El tamaño de la muestra será de un total de 148 especímenes para ser sometidos a evaluación.

3.3.2.3. Método de muestreo

Según Valderrama (2002), en el muestreo no probabilístico, puede haber clara influencia del investigador, pues este selecciona la muestra atendiendo a razones de comodidad y según su criterio.

La presente investigación utilizó el método de muestreo “No probabilístico”, ya que, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o sino por criterio del investigador.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra

- Para evaluar la resistencia a la compresión llevando a rotura a los especímenes cúbicos, siempre que, estos tengan 5 cm de lado con alguna variación admisible, que estén libre de imperfecciones como por ejemplo que las superficies de contacto deben ser planas, no deben tener cangrejeras, no deben presentar fisuras ni grietas.
- Para evaluar la resistencia a la flexión llevando a rotura a los especímenes prismáticos, siempre que, estos sean de 4cmx4cmx16cm de lado con alguna variación admisible, que estén libre de imperfecciones como por ejemplo que las superficies de contacto deben ser planas, no deben tener cangrejeras, no deben presentar fisuras ni grietas.
- Para realizar el ensayo de resistencia a la adherencia por flexión se construyó especímenes prismáticos de mortero y unidades de albañilería (pilas) de 5 especímenes para la edad de 28 días. Estos serán sometidos a ensayo, siempre que, estos no presenten pandeo por altura, agrietamientos o fisuras en el mortero y el ladrillo, que no haya desprendimientos entre el mortero y el ladrillo.



Tabla 9. Cantidad de especímenes por tipo de mortero y ensayos

CANTIDAD DE MUESTRAS										
ENSAYO	MUESTRA	MORTERO PATRÓN f'c=175 kg/cm2				MORTERO EXPERIMENTAL f'c=175 kg/cm2				TOTAL
		7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días	
COMPRESIÓN	10% RM					4	4	4	4	16
	15% RM					4	4	4	4	16
	20% RM					4	4	4	4	16
	MORTERO PATRÓN	4	4	4	4					16
FLEXIÓN	10% RM					4	4	4	4	16
	15% RM					4	4	4	4	16
	20% RM					4	4	4	4	16
	MORTERO PATRÓN	4	4	4	4					16
ADHERENCIA POR FLEXIÓN	10% RM								5	5
	15% RM								5	5
	20% RM								5	5
	MORTERO PATRÓN				5					5
TOTAL										148

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Criterios de inclusión

- El mortero se fabricó con agregado fino de las canteras de Cunyac (70%) y Vicho (30%).
- El mortero se elaboró con cemento Pórtland tipo IP (Yura).
- El mortero experimental se elaboró con residuos de mármol de la cantera de Cullpahuanca del distrito de Quiquijana - Quispicanchi, con remplazo del cemento en porcentajes del 10%, 15% y 20%.
- Los especímenes fueron ensayados a edades de 7, 14, 21 y 28 días de su elaboración.
- Se utilizó especímenes de morteros cúbicos de 5cmx5cmx5cm de lado para el ensayo de resistencia a la compresión.
- Se construyó especímenes prismáticos (pilas) con unidades de albañilería de arcilla cocida tipo King Kong de 18 huecos “Latesa”, con dimensiones de 24x12x9 cm. de clase o tipo V para albañilería estructural.



- Los especímenes prismáticos se construyó con una junta de 1.2 cm de espesor dando una altura total de 49.80 cm.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos metodológicos están formulados con la finalidad de obtener datos para el análisis y procesamiento de resultados.

3.4.1.1. Granulometría y módulo de fineza

Tabla 10. Ficha de recolección de datos para granulometría del agregado fino



	<h3>FICHA DE LABORATORIO</h3> <p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".</p> 																											
ENSAYO: Granulometría del agregado fino de.....																												
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.012 - 2013																												
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																												
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																												
FECHA:																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Malla</th> <th>Diámetro (mm)</th> <th>Peso Retenido (Gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N°4</td><td>4.75</td><td></td></tr> <tr><td>N°8</td><td>2.36</td><td></td></tr> <tr><td>N°16</td><td>1.18</td><td></td></tr> <tr><td>N°30</td><td>0.63</td><td></td></tr> <tr><td>N°50</td><td>0.38</td><td></td></tr> <tr><td>N°100</td><td>0.19</td><td></td></tr> <tr><td>N°200</td><td>0.095</td><td></td></tr> <tr><td>Fondo</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Malla	Diámetro (mm)	Peso Retenido (Gr)	N°4	4.75		N°8	2.36		N°16	1.18		N°30	0.63		N°50	0.38		N°100	0.19		N°200	0.095		Fondo		
Malla	Diámetro (mm)	Peso Retenido (Gr)																										
N°4	4.75																											
N°8	2.36																											
N°16	1.18																											
N°30	0.63																											
N°50	0.38																											
N°100	0.19																											
N°200	0.095																											
Fondo																												
Fórmulas:																												
$MF = \frac{\sum \text{porcentajes retenidos acumulados (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$																												
$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso total}} \times 100$	$\text{Error \%} = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100$																											
MF: Módulo de fineza.																												
Pi: Peso inicial.																												
Pf: Peso final.																												

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.2. Peso específico y absorción

Tabla 11. Ficha de recolección de datos para peso específico del agregado fino



	<p>FICHA DE LABORATORIO</p> <p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".</p>																									
ENSAYO: Peso específico y absorción del agregado fino de.....																										
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.022-2013																										
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																										
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																										
FECHA:																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 55%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 15%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>Masa de la muestra seca al horno</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td>Masa del picnómetro llenado de agua</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td>Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">V</td> <td>Volumen de la fiola</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">S</td> <td>Masa de la muestra de saturado superficialmente seca</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	A	Masa de la muestra seca al horno	gr		B	Masa del picnómetro llenado de agua	gr		C	Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua	gr		V	Volumen de la fiola	cm ³		S	Masa de la muestra de saturado superficialmente seca	gr	
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor																							
A	Masa de la muestra seca al horno	gr																								
B	Masa del picnómetro llenado de agua	gr																								
C	Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua	gr																								
V	Volumen de la fiola	cm ³																								
S	Masa de la muestra de saturado superficialmente seca	gr																								
Fórmulas:																										
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)	Densidad (SSD), kg/m ³																									
$\frac{A}{(B + C - S)}$	$\frac{997.5 S}{(B + S - c)}$																									
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)	Densidad aparente (SSD), kg/m ³																									
$\frac{S}{(B + S - C)}$	$\frac{997.5 A}{(B + A - c)}$																									
Densidad (OD), kg/m ³	Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)																									
$\frac{997.5 A}{(B + S - c)}$	$\frac{A}{(B + A - C)}$																									
	Absorción, %																									
Donde:	$100\left[\frac{(S-A)}{A}\right]$																									
SSD: Saturada superficialmente seca. OD: Condición seca al horno.																										

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.3. Contenido de humedad

Tabla 12. Ficha de recolección de datos para contenido de humedad

	<p>FICHA DE LABORATORIO</p> <p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO”.</p>																	
ENSAYO: Contenido de humedad del agregado fino de.....																		
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 339.185																		
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																		
LUGAR: Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos de La UAC.																		
FECHA:																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 45%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 25%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">W</td> <td>Peso inicial</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Peso final</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td>Peso del recipiente</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	W	Peso inicial	gr		D	Peso final	gr		T	Peso del recipiente	gr	
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor															
W	Peso inicial	gr																
D	Peso final	gr																
T	Peso del recipiente	gr																
<p>Fórmula:</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $\%P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$ </div>																		
<p>Donde:</p> <p><i>P%</i>: Contenido total de la humedad en porcentaje, (%)</p> <p><i>W</i>: Masa de la muestra húmeda original, (gr)</p> <p><i>D</i>: Masa de la muestra seca, (gr)</p> <p><i>T</i>: Peso del recipiente, (gr)</p>																		

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.4. Peso unitario

Tabla 13. Ficha de recolección de datos para peso unitario del agregado fino

	<h3>FICHA DE LABORATORIO</h3>		
<p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - OUIOUIJANA OUISPICANCHI - CUSCO".</p>			
<p>ENSAYO: Peso unitario del agregado fino de.....</p>			
<p>REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.017 - 2011</p>			
<p>ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor</p>			
<p>LUGAR: Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos de La UAC.</p>			
<p>FECHA:</p>			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg.	
Gc	Peso del recipiente más agregado compactado	Kg.	
Gs	Peso del recipiente más agregado suelto	Kg.	
V	Volumen del recipiente	m ³	
D	Diámetro del recipiente	m	
H	Altura del recipiente	m	

Peso	Masa del recipiente + Agregado compactado (kg)	Medida	Altura del molde (m)	Medida	Diámetro del molde (m)
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
promedio		promedio		promedio	

Fórmula:

$$M = \frac{(Gc - T)}{V}$$

$$M = \frac{(Gs - T)}{V}$$

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times H$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado (kg/m³)

Gc: Peso del recipiente más agregado compactado (kg)

Gs: Peso del recipiente más agregado suelto (kg)

T: Peso del recipiente (kg)

V: Volumen del recipiente (m³)

D: Diámetro del recipiente (m)

H: Altura del recipiente (m)

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.5. Resistencia a la adherencia por flexión

Tabla 14. Ficha de recolección de datos de la resistencia a la adherencia por flexión

	<p>FICHA DE LABORATORIO</p> <p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".</p>				
ENSAYO: Ensayo de resistencia a la adherencia por flexión					
REFERENCIA NORMATIVA: ASTM E 518					
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor					
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.					
FECHA: _____ EDAD: _____					
MUESTRA	b (mm)	d (mm)	l (mm)	Ps (Kg)	P (Kgf)

Fórmula:
$$R = \frac{(P + 0.75Ps)l}{bd^2}$$

Donde:

R: Módulo de ruptura sobre área bruta, (MPa)

P: Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, (N)

Ps: Peso (masa) del espécimen (prisma), (N)

l: Luz, (mm)

b: Ancho promedio del espécimen (prisma), (mm)



d: Espesor promedio del espécimen (prisma), (mm)

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.6. Resistencia a la compresión

Tabla 15. Ficha de recolección de datos para la resistencia a la compresión del mortero



	FICHA DE LABORATORIO																																																																
<p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - OUIOUIJANA OUISPICANCHI - CUSCO”.</p>																																																																	
ENSAYO: Ensayo de resistencia a la compresión de muestras cúbicas de 5cm de lado.																																																																	
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 334.051 - 2013																																																																	
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																																																																	
LUGAR: Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos de La UAC.																																																																	
FECHA:		EDAD:																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">MUESTRA</th> <th colspan="2" style="width: 15%;">Cara Superior (cm)</th> <th colspan="4" style="width: 25%;">Cara Intermedia (cm)</th> <th colspan="2" style="width: 10%;">Cara Base (cm)</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Área Cara de Contacto (cm²)</th> <th rowspan="2" style="width: 10%;">Pu (Kgf)</th> </tr> <tr> <th>L1</th> <th>L2</th> <th>L1</th> <th>L2</th> <th>L3</th> <th>L4</th> <th>L1</th> <th>L2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			MUESTRA	Cara Superior (cm)		Cara Intermedia (cm)				Cara Base (cm)		Área Cara de Contacto (cm ²)	Pu (Kgf)	L1	L2	L1	L2	L3	L4	L1	L2																																												
MUESTRA	Cara Superior (cm)			Cara Intermedia (cm)				Cara Base (cm)		Área Cara de Contacto (cm ²)	Pu (Kgf)																																																						
	L1	L2	L1	L2	L3	L4	L1	L2																																																									
Fórmula:																																																																	
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $f_m = \frac{P}{A}$ </div>																																																																	
Donde:																																																																	
<i>F_m</i> : Resistencia a compresión en (Mpa)																																																																	
<i>P</i> : es la carga máxima total en (N)																																																																	
<i>A</i> : es el área de la superficie de carga en (mm ²)																																																																	

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.7. Resistencia a la flexión del mortero

Tabla 16. Ficha de recolección de datos para resistencia a la flexión del mortero

	<p>FICHA DE LABORATORIO</p> <p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".</p>																																																																		
ENSAYO: Ensayo de resistencia a la flexión de moldes prismáticos de 4x4x16cm de lado.																																																																			
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 334.120 - 2016																																																																			
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																																																																			
LUGAR: Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos de La UAC.																																																																			
FECHA: _____ EDAD: _____																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">MUESTRA</th> <th colspan="2" style="width: 15%;">Altura (cm)</th> <th colspan="4" style="width: 30%;">Longitud (cm)</th> <th colspan="2" style="width: 10%;">Base (cm)</th> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Pu (Kgf)</th> </tr> <tr> <th>L1</th> <th>L2</th> <th>L1</th> <th>L2</th> <th>L3</th> <th>L4</th> <th>L1</th> <th>L2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>										MUESTRA	Altura (cm)		Longitud (cm)				Base (cm)		Pu (Kgf)	L1	L2	L1	L2	L3	L4	L1	L2																																								
MUESTRA	Altura (cm)		Longitud (cm)				Base (cm)		Pu (Kgf)																																																										
	L1	L2	L1	L2	L3	L4	L1	L2																																																											
<p>Fórmula:</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $R_f = 0,0028 P$ </div> <p>Donde:</p> <p>R_f: Resistencia a la flexión (MPa)</p> <p>P: Carga máxima total (N)</p>																																																																			

Fuente: Elaboración propia



3.4.1.8. Fluides del mortero patrón y experimental

Tabla 17. Ficha de recolección de datos para la fluides del mortero

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <h4 style="margin: 0;">FICHA DE LABORATORIO</h4> <p style="margin: 0; font-size: 0.8em;"> TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO". </p> </div> </div>																																									
ENSAYO: Ensayo de fluides del mortero.																																									
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 334.057 - 2016																																									
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																																									
LUGAR: Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos de la UAC.																																									
FECHA:																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 0 auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Muestra</th> <th style="width: 10%;">Relación a/c</th> <th style="width: 10%;">di (mm)</th> <th style="width: 10%;">m1 (mm)</th> <th style="width: 10%;">m2 (mm)</th> <th style="width: 10%;">m3 (mm)</th> <th style="width: 10%;">m4 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>							Muestra	Relación a/c	di (mm)	m1 (mm)	m2 (mm)	m3 (mm)	m4 (mm)																												
Muestra	Relación a/c	di (mm)	m1 (mm)	m2 (mm)	m3 (mm)	m4 (mm)																																			
<p>Fórmula:</p> <div style="text-align: center; border: 2px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $\%f = \left(\frac{D1 - Do}{Do} \right) * 100\%$ </div> <p>Donde:</p> <p>%f: Valor del flujo de la muestra elaborada (%).</p> <p>D1: Diámetro promedio de las mediciones a la muestra (cm).</p> <p>Do: Diámetro inicial de la muestras, es el valor del diámetro inferior de molde (cm).</p>																																									

Fuente: Elaboración propia



3.4.2. Instrumentos de ingeniería

3.4.2.1. Equipo de compresión

Este equipo permite la ejecución de ensayos de compresión y también permite calcular los esfuerzos sometidos a un testigo en estudio.

Fotografía 6. Equipo de compresión



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.4.2.2. Agitador mecánico de tamices

El agitador mecánico sirve para realizar el análisis granulométrico de partículas de forma más confiable y precisa ya que produce movimientos circulares y verticales de manera que las pruebas sean uniformes.

Fotografía 7. Agitador mecánico



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.



3.4.2.3. Serie de tamices

Con el fin de obtener la distribución uniforme de partículas de agregado fino se considera los siguientes tamices: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.

Fotografía 8. Serie de tamices



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.4.2.4. Horno eléctrico

Este es un instrumento que se usa para quitar la humedad retenida en las partículas, con una capacidad adecuada y excelente uniformidad en la circulación de la temperatura de unos $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Fotografía 9. Horno eléctrico



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.



3.4.2.5. Balanza

Es un instrumento que nos ayuda a obtener los pesos de las partículas de estudio.

Fotografía 10. Balanza de 50kg



Fotografía 11. Balanza de 0.001g



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.4.2.6. Bomba de vacíos

La bomba de vacíos es un dispositivo que se encarga de extraer moléculas de gas de un volumen de partículas a una velocidad de bombeo.

Fotografía 12. Bomba de vacíos



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.4.2.7. Mesa de flujo

La mesa de flujo se utiliza para determinar el flujo de los morteros de cemento hidráulico y pastas de cemento.



Fotografía 13. Mesa de flujo



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.4.2.8. Molde de flujo

El molde de flujo está hecho de acero liso, tiene la forma de un tronco de cono, con un diámetro de 25cm la base inferior, 17cm la base superior y una altura de 13cm.

Fotografía 14. Molde de flujo



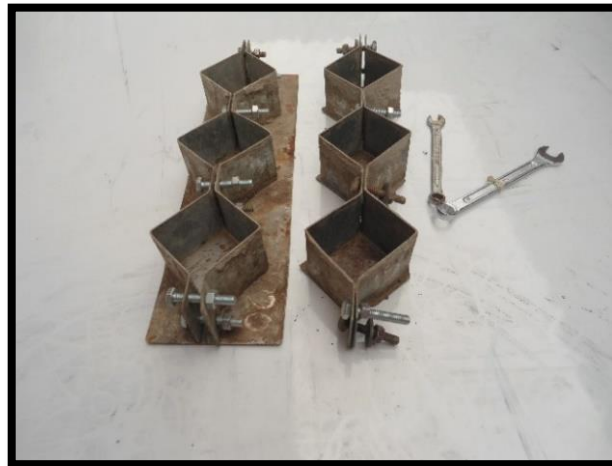
Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.4.2.9. Moldes cúbicos

Los moldes para los especímenes cúbicos de 50 mm deberán ser herméticos, no deberán tener más de tres compartimentos cúbicos, deberán ser fabricados de un metal duro, las paredes de los moldes deben ser rígidas.



Fotografía 15. Moldes cúbicos



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.4.2.10. Moldes prismáticos

Los moldes prismáticos de especímenes de 40mmx40mmx160mm, deberán ser de triple compartimientos y estarán diseñados para que los especímenes sean moldeados con sus ejes longitudinales en posición horizontal. Los moldes deberán ser hechos de metal duro ajustándose herméticamente. Las caras de los moldes deberán ser lo suficientemente rígidas para evitar separarse o alabearse.

Fotografía 16. Moldes prismáticos



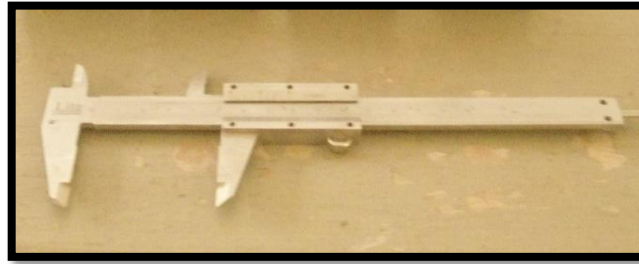
Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.4.2.11. Vernier

Es un instrumento que sirve para medir desde centímetros hasta fracciones de milímetros en elementos pequeños o delgados.



Fotografía 17. Vernier



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.5. Procedimiento de recolección de datos

3.5.1. Procedimiento para la extracción de residuos de mármol

3.5.1.1. Equipos y materiales

- Sacos.
- GPS.
- Guantes.
- Baldes.
- Cascos.

3.5.1.2. Acopio de los residuos de mármol en la cantera Cullpahuanca (Quiquijana)

Se recolectó los residuos de mármol en dicha cantera y alrededores para su respectivo traslado al laboratorio de la Universidad Andina del Cusco, Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Fotografía 18. Cantera de mármol Cullpahuanca- Quiquijana



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.



Fotografía 19. Residuos de mármol



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

Fotografía 20. Recolección de residuos de mármol



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.5.1.3. Carguío y transporte de los residuos de mármol

Se recolectó residuos de mármol de la cantera de Cullpahuanca del distrito de Quiquijana para su transporte al laboratorio de la Universidad Andina del Cusco, posteriormente, para su estudio y tratamiento.



Fotografía 21. Carguío de residuos de mármol



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

3.5.1.4. Molienda de los residuos de mármol

La molienda es el proceso que consiste en reducir las partículas a un tamaño menor.

Se realizó la molienda del material en estudio en la máquina de abrasión de Los Ángeles del laboratorio de la Universidad Andina del Cusco.

Fotografía 22. Selección de las partículas de residuos de mármol



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.



Fotografía 23. Residuos de mármol en laboratorio



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

Fotografía 24. Molienda de los residuos de mármol



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.5.1.5. Homogeneización de los residuos de mármol

Se realizó el tamizado del material molido en el tamiz N°325 para su reemplazo con el cemento para la fabricación del mortero de albañilería.



Fotografía 25. Tamizado de los residuos de mármol



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.5.2. Propiedades físicas del agregado fino de Cunyac y Vicho.

- Granulometría y módulo de fineza.
- Contenido de humedad.
- Peso específico y absorción.
- Peso unitario

3.5.2.1. Ensayo de la granulometría del agregado fino de la Cantera de Cunyac y Vicho

Referencia Normativa (NTP 400.012, 2013)

3.5.2.1.1. Equipos y materiales

Se realizó este ensayo con los siguientes equipos y materiales:

- Tamices de la serie normalizada (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200).
- 01 Balanza 0.001g
- 01 Horno eléctrico con temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 01 Agitador mecánico de tamices.
- Herramientas manuales (Recipientes, brocha, cepillo metálico, bandeja)

3.5.2.1.2. Procedimiento

1. Se realizó el cuarteo del agregado para obtener una muestra representativa.



Fotografía 26. Método de cuarteo de los agregados



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

2. Se realizó el lavado del agregado fino por la gran presencia de suciedad y polvo en la malla N°200 y luego se puso al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por 24 horas para su respectivo secado.

Fotografía 27. Lavado del agregado fino de Cunyac y Vicho



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3. Se retiró del horno las dos muestras después de 24 horas para realizar el análisis granulométrico.



Fotografía 28. Extracción del horno del agregado fino de Cunyac y Vicho



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

Fotografía 29. Muestra seca del horno del agregado fino de Cunyac y Vicho



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

4. Se procedió a tamizar el agregado fino seco de Cunyac y Vicho por separado una cantidad de 1000 g. por un tiempo no menor a 3min, pasando este periodo las partículas empiezan a deteriorarse.



Fotografía 30. Tamizado de los agregados finos



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

5. Se registró los pesos retenidos en cada tamiz, extrayendo partículas atrapadas con la ayuda del cepillo metálico.

Fotografía 31. Pesos retenidos en cada tamiz





Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3.5.2.1.3. Datos obtenidos

Los datos obtenidos del análisis granulométrico fueron los siguientes:





Tabla 18. Datos del análisis granulométrico del agregado de la cantera de Vicho

FICHA DE LABORATORIO																													
	<p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO”.</p>																												
ENSAYO: Granulometría del agregado fino de Vicho.																													
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.012 - 2013																													
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																													
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																													
FECHA: 22/03/18																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Malla</th> <th>Diámetro (mm)</th> <th>Peso Retenido (Gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N°4</td> <td>4.75</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>N°8</td> <td>2.36</td> <td>153.50</td> </tr> <tr> <td>N°16</td> <td>1.18</td> <td>243.80</td> </tr> <tr> <td>N°30</td> <td>0.63</td> <td>275.80</td> </tr> <tr> <td>N°50</td> <td>0.38</td> <td>196.50</td> </tr> <tr> <td>N°100</td> <td>0.19</td> <td>82.50</td> </tr> <tr> <td>N°200</td> <td>0.095</td> <td>42.60</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>1.80</td> </tr> </tbody> </table>			Malla	Diámetro (mm)	Peso Retenido (Gr)	N°4	4.75	0.00	N°8	2.36	153.50	N°16	1.18	243.80	N°30	0.63	275.80	N°50	0.38	196.50	N°100	0.19	82.50	N°200	0.095	42.60	Fondo		1.80
Malla	Diámetro (mm)	Peso Retenido (Gr)																											
N°4	4.75	0.00																											
N°8	2.36	153.50																											
N°16	1.18	243.80																											
N°30	0.63	275.80																											
N°50	0.38	196.50																											
N°100	0.19	82.50																											
N°200	0.095	42.60																											
Fondo		1.80																											
Fórmulas:																													
$MF = \frac{\sum \text{porcentajes retenidos acumulados (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$																													
$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso total}} \times 100$	$\text{Error \%} = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100$																												
Donde:																													
MF: Módulo de fineza.																													
Pi: Peso inicial (gr)																													
Pf: Peso final (gr)																													

Fuente: Elaboración propia



Tabla 19. Datos del análisis granulométrico del agregado de la cantera de Cunyac

FICHA DE LABORATORIO																													
	<p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".</p>																												
ENSAYO: Granulometría del agregado fino de Cunyac.																													
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.012 - 2013																													
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																													
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																													
FECHA: 06/04/18																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Malla</th> <th>Diámetro (mm)</th> <th>Peso Retenido (Gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N°4</td> <td>4.75</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>N°8</td> <td>2.36</td> <td>3.70</td> </tr> <tr> <td>N°16</td> <td>1.18</td> <td>32.50</td> </tr> <tr> <td>N°30</td> <td>0.63</td> <td>145.60</td> </tr> <tr> <td>N°50</td> <td>0.38</td> <td>576.30</td> </tr> <tr> <td>N°100</td> <td>0.19</td> <td>197.50</td> </tr> <tr> <td>N°200</td> <td>0.095</td> <td>42.30</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>1.50</td> </tr> </tbody> </table>			Malla	Diámetro (mm)	Peso Retenido (Gr)	N°4	4.75	0.00	N°8	2.36	3.70	N°16	1.18	32.50	N°30	0.63	145.60	N°50	0.38	576.30	N°100	0.19	197.50	N°200	0.095	42.30	Fondo		1.50
Malla	Diámetro (mm)	Peso Retenido (Gr)																											
N°4	4.75	0.00																											
N°8	2.36	3.70																											
N°16	1.18	32.50																											
N°30	0.63	145.60																											
N°50	0.38	576.30																											
N°100	0.19	197.50																											
N°200	0.095	42.30																											
Fondo		1.50																											
Fórmulas:	$MF = \frac{\sum \text{porcentajes retenidos acumulados (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$																												
$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso total}} \times 100$		$\text{Error \%} = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100$																											
Donde:																													
MF: Módulo de fineza.																													
Pi: Peso inicial (gr)																													
Pf: Peso final (gr)																													

Fuente: Elaboración propia



3.5.2.2. Ensayo de peso unitario de los agregados finos de Cunyac y Vicho.

Referencia normativa (NTP400.017, 2011)

3.5.2.2.1. Equipos y materiales

Se realizó este ensayo con los siguientes equipos y materiales:

- 01 Molde metálico con asas.
- 01 Barra compactadora de 5/8" de diámetro.
- 01 Balanza de 50kg.
- Otras herramientas (Recipientes, brocha, cucharón metálico)

3.5.2.2.2. Procedimiento

1. Se realizó el cuarteo del agregado seco y limpio para obtener una muestra representativa del agregado fino de Cunyac y Vicho, y agregado combinado de Cunyac (70%) y Vicho (30%)

Fotografía 32. Cuarteo del agregado fino



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

2. La muestra de ensayo fue aproximadamente 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar la medida y será manipulada evitando su segregación.
3. Se determinó las dimensiones del molde metálico así como la masa y el volumen.



Fotografía 33. Determinación del diámetro y volumen del molde metálico



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

4. Se llenó la tercera parte del recipiente, se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente. Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compactó con 25 golpes. Finalmente se llenó hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se eliminó utilizando la barra compactadora como regla.

Fotografía 34. Apisonado del agregado en el molde metálico



Fuente: Archivo fotográfico de la autora



Fotografía 35. Eliminación del agregado sobrante



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

5. Luego se determina el peso del recipiente con el contenido para determinar el peso unitario compactado con una aproximación de 0.05kg. esta operación se realiza tres veces para obtener un promedio.
6. Se realiza el llenado del agregado con un cucharón hasta rebosar en el recipiente sin compactar.

Fotografía 36. Llenado del molde metálico con agregado sin compactar



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

7. Luego se determina el peso del recipiente con el contenido esto para determinar el peso unitario suelto. Repitiendo esto mismo tres veces y obtener un promedio.

3.5.2.2.3. Datos obtenidos

Tabla 20. Datos del peso unitario compactado del agregado de Vicho

Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg.	7.540
Gc	Peso del recipiente más agregado compactado	Kg.	12.520
V	Volumen del recipiente	m ³	0.003
D	Diámetro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.166

Peso	Peso del recipiente + Agregado compactado (kg)
1	12.510
2	12.530
3	12.520
promedio	12.520

Medida	Altura del molde (m)
1	0.167
2	0.166
3	0.164
promedio	0.166

Medida	Diámetro del molde (m)
1	0.153
2	0.153
3	0.152
promedio	0.153

Fórmulas:

$$M = \frac{(Gc - T)}{V}$$
$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times H$$
$$M = \frac{(Gs - T)}{V}$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado (kg/m³)

Gc: Peso del recipiente + agregado compactado (kg)

T: Peso del recipiente (kg)



V: Volumen del recipiente (m³)

D: Diámetro del recipiente (m)

H: Altura del recipiente (m)

Fuente: Elaboración propia



Tabla 21. Datos del peso unitario suelto del agregado de Cunyac

FICHA DE LABORATORIO			
			
TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".			
ENSAYO: Peso unitario suelto de agregado fino de Cunyac			
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.017 - 2011			
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor			
LUGAR: Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos de la UAC.			
FECHA: 13/04/18			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
T	Peso del recipiente	Kg.	7.565
Gs	Peso del recipiente más agregado suelto	Kg.	12.337
V	Volumen del recipiente	m ³	0.003
D	Diámetro del recipiente	m	0.153
H	Altura del recipiente	m	0.167
Peso	Peso del recipiente + Agregado suelto (kg)	Medida	Altura del molde (m)
1	12.340	1	0.167
2	12.320	2	0.168
3	12.350	3	0.167
promedio	12.337	promedio	0.167
Medida	Diámetro del molde (m)		
1	0.1526		
2	0.1529		
3	0.1523		
promedio	0.1526		
Fórmulas:			
$M = \frac{(Gc - T)}{V}$	$M = \frac{(Gs - T)}{V}$	$V = \frac{\pi D^2}{4} \times H$	
Donde:			
M: Peso unitario del agregado (kg/m ³)			
Gs: Peso del recipiente más agregado suelto (kg)			
T: Peso del recipiente (kg)			
V: Volumen del recipiente (m ³)			
D: Diámetro del recipiente (m)			
H: Altura del recipiente (m)			

Fuente: Elaboración propia





Tabla 22. Datos del peso unitario compactado del agregado de Cunyac

	<p>FICHA DE LABORATORIO</p> <p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".</p>																															
ENSAYO: Peso unitario compactado del agregado fino de Cunyac.																																
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.017 - 2011																																
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																																
LUGAR: Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos de la UAC.																																
FECHA: 13/04/18																																
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Símbolo</th> <th>Descripción</th> <th>Unidad</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T</td> <td>Peso del recipiente</td> <td>Kg.</td> <td>7.565</td> </tr> <tr> <td>Gc</td> <td>Peso del recipiente más agregado compactado</td> <td>Kg.</td> <td>12.593</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Volumen del recipiente</td> <td>m³</td> <td>0.003</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Diámetro del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.153</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>Altura del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.167</td> </tr> </tbody> </table>	Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	T	Peso del recipiente	Kg.	7.565	Gc	Peso del recipiente más agregado compactado	Kg.	12.593	V	Volumen del recipiente	m ³	0.003	D	Diámetro del recipiente	m	0.153	H	Altura del recipiente	m	0.167							
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor																													
T	Peso del recipiente	Kg.	7.565																													
Gc	Peso del recipiente más agregado compactado	Kg.	12.593																													
V	Volumen del recipiente	m ³	0.003																													
D	Diámetro del recipiente	m	0.153																													
H	Altura del recipiente	m	0.167																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Peso</th> <th>Peso del recipiente + Agregado compactado (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12.630</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12.590</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12.560</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>12.593</td> </tr> </tbody> </table>	Peso	Peso del recipiente + Agregado compactado (kg)	1	12.630	2	12.590	3	12.560	promedio	12.593	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Medida</th> <th>Altura del molde (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.167</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.168</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.167</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>0.167</td> </tr> </tbody> </table>	Medida	Altura del molde (m)	1	0.167	2	0.168	3	0.167	promedio	0.167	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Medida</th> <th>Diámetro del molde (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.1526</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.1529</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.1523</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>0.1526</td> </tr> </tbody> </table>	Medida	Diámetro del molde (m)	1	0.1526	2	0.1529	3	0.1523	promedio	0.1526
Peso	Peso del recipiente + Agregado compactado (kg)																															
1	12.630																															
2	12.590																															
3	12.560																															
promedio	12.593																															
Medida	Altura del molde (m)																															
1	0.167																															
2	0.168																															
3	0.167																															
promedio	0.167																															
Medida	Diámetro del molde (m)																															
1	0.1526																															
2	0.1529																															
3	0.1523																															
promedio	0.1526																															
Fórmulas:																																
$M = \frac{(Gc - T)}{V}$	$V = \frac{\pi D^2}{4} \times H$	$M = \frac{(Gs - T)}{V}$																														
Donde:																																
M: Peso unitario del agregado (kg/m ³)																																
Gc: Peso del recipiente + agregado compactado (kg)																																
T: Peso del recipiente (kg)																																
V: Volumen del recipiente (m ³)																																
D: Diámetro del recipiente (m)																																
H: Altura del recipiente (m)																																

Fuente: Elaboración propia





Tabla 23. Datos del peso unitario suelto del agregado de Vicho

	FICHA DE LABORATORIO																										
TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".																											
ENSAYO: Peso unitario suelto de agregado fino de Vicho.																											
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.017 - 2011																											
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																											
LUGAR: Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos de la UAC.																											
FECHA: 09/04/18																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 45%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 25%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T</td> <td>Peso del recipiente</td> <td>Kg.</td> <td>7.540</td> </tr> <tr> <td>Gs</td> <td>Peso del recipiente más agregado suelto</td> <td>Kg.</td> <td>12.250</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Volumen del recipiente</td> <td>m³</td> <td>0.003</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Diámetro del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.153</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>Altura del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.166</td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	T	Peso del recipiente	Kg.	7.540	Gs	Peso del recipiente más agregado suelto	Kg.	12.250	V	Volumen del recipiente	m ³	0.003	D	Diámetro del recipiente	m	0.153	H	Altura del recipiente	m	0.166
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor																								
T	Peso del recipiente	Kg.	7.540																								
Gs	Peso del recipiente más agregado suelto	Kg.	12.250																								
V	Volumen del recipiente	m ³	0.003																								
D	Diámetro del recipiente	m	0.153																								
H	Altura del recipiente	m	0.166																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Peso</th> <th style="width: 35%;">Peso del recipiente + Agregado suelto (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12.250</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12.260</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12.240</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>12.250</td> </tr> </tbody> </table>		Peso	Peso del recipiente + Agregado suelto (kg)	1	12.250	2	12.260	3	12.240	promedio	12.250	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Medida</th> <th style="width: 35%;">Altura del molde (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.167</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.166</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.164</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>0.166</td> </tr> </tbody> </table>		Medida	Altura del molde (m)	1	0.167	2	0.166	3	0.164	promedio	0.166				
Peso	Peso del recipiente + Agregado suelto (kg)																										
1	12.250																										
2	12.260																										
3	12.240																										
promedio	12.250																										
Medida	Altura del molde (m)																										
1	0.167																										
2	0.166																										
3	0.164																										
promedio	0.166																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Medida</th> <th style="width: 35%;">Diámetro del molde (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.153</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.153</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.152</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>0.153</td> </tr> </tbody> </table>		Medida	Diámetro del molde (m)	1	0.153	2	0.153	3	0.152	promedio	0.153																
Medida	Diámetro del molde (m)																										
1	0.153																										
2	0.153																										
3	0.152																										
promedio	0.153																										
Fórmulas:																											
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> $M = \frac{(Gc - T)}{V}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> $M = \frac{(Gs - T)}{V}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> $V = \frac{\pi D^2}{4} \times H$ </div> </div>																											
Donde:																											
M: Peso unitario del agregado (kg/m ³)																											
Gs: Peso del recipiente más agregado suelto (kg)																											
T: Peso del recipiente (kg)																											
V: Volumen del recipiente (m ³)																											
D: Diámetro del recipiente (m)																											
H: Altura del recipiente (m)																											

Fuente: Elaboración propia





Tabla 24. Datos del Peso unitario compactado del agregado fino de Cunyac 70% y Vicho 30%.

 FICHA DE LABORATORIO 																																			
TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUILIANA QUISPICANCHI - CUSCO".																																			
ENSAYO: Peso unitario compactado del agregado fino de Cunyac (70%) y Vicho (30%).																																			
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.017 - 2011																																			
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																																			
LUGAR: Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos de la UAC.																																			
FECHA: 13/04/18																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Símbolo</th> <th>Descripción</th> <th>Unidad</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T</td> <td>Peso del recipiente</td> <td>Kg.</td> <td>7.565</td> </tr> <tr> <td>Gc</td> <td>Peso del recipiente más agregado compactado</td> <td>Kg.</td> <td>12.110</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Volumen del recipiente</td> <td>m³</td> <td>0.003</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Diámetro del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.1526</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>Altura del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.167</td> </tr> </tbody> </table>	Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	T	Peso del recipiente	Kg.	7.565	Gc	Peso del recipiente más agregado compactado	Kg.	12.110	V	Volumen del recipiente	m ³	0.003	D	Diámetro del recipiente	m	0.1526	H	Altura del recipiente	m	0.167	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Peso</th> <th>Peso del recipiente + Agregado compactado (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12.080</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12.120</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12.130</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>12.110</td> </tr> </tbody> </table>	Peso	Peso del recipiente + Agregado compactado (kg)	1	12.080	2	12.120	3	12.130	promedio	12.110
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor																																
T	Peso del recipiente	Kg.	7.565																																
Gc	Peso del recipiente más agregado compactado	Kg.	12.110																																
V	Volumen del recipiente	m ³	0.003																																
D	Diámetro del recipiente	m	0.1526																																
H	Altura del recipiente	m	0.167																																
Peso	Peso del recipiente + Agregado compactado (kg)																																		
1	12.080																																		
2	12.120																																		
3	12.130																																		
promedio	12.110																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Medida</th> <th>Altura del molde (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.167</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.168</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.167</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>0.167</td> </tr> </tbody> </table>	Medida	Altura del molde (m)	1	0.167	2	0.168	3	0.167	promedio	0.167	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Medida</th> <th>Diámetro del molde (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.1526</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.1529</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.1523</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>0.1526</td> </tr> </tbody> </table>	Medida	Diámetro del molde (m)	1	0.1526	2	0.1529	3	0.1523	promedio	0.1526														
Medida	Altura del molde (m)																																		
1	0.167																																		
2	0.168																																		
3	0.167																																		
promedio	0.167																																		
Medida	Diámetro del molde (m)																																		
1	0.1526																																		
2	0.1529																																		
3	0.1523																																		
promedio	0.1526																																		
Fórmulas:																																			
$M = \frac{(Gc - T)}{V}$	$V = \frac{\pi D^2}{4} \times H$	$M = \frac{(Gs - T)}{V}$																																	
Donde:																																			
M: Peso unitario del agregado (kg/m ³)																																			
Gc: Peso del recipiente más agregado compactado (kg)																																			
T: Peso del recipiente (kg)																																			
V: Volumen del recipiente (m ³)																																			
D: Diámetro del recipiente (m)																																			
H: Altura del recipiente (m)																																			

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 25. Peso unitario compactado del agregado de Cunyac 70% y Vicho 30%.

	<p>FICHA DE LABORATORIO</p> <p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO”.</p>																																										
ENSAYO: Peso unitario suelto del agregado fino de Cunyac (70%) y Vicho (30%).																																											
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.017 - 2011																																											
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																																											
LUGAR: Laboratorio de Suelos, Materiales, Concreto y Pavimentos de la UAC.																																											
FECHA: 13/04/18																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 45%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 25%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T</td> <td>Peso del recipiente</td> <td>Kg.</td> <td>7.565</td> </tr> <tr> <td>Gs</td> <td>Peso del recipiente más agregado suelto</td> <td>Kg.</td> <td>11.747</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Volumen del recipiente</td> <td>m³</td> <td>0.003</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Diámetro del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.1526</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>Altura del recipiente</td> <td>m</td> <td>0.167</td> </tr> </tbody> </table>	Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	T	Peso del recipiente	Kg.	7.565	Gs	Peso del recipiente más agregado suelto	Kg.	11.747	V	Volumen del recipiente	m ³	0.003	D	Diámetro del recipiente	m	0.1526	H	Altura del recipiente	m	0.167																			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor																																								
T	Peso del recipiente	Kg.	7.565																																								
Gs	Peso del recipiente más agregado suelto	Kg.	11.747																																								
V	Volumen del recipiente	m ³	0.003																																								
D	Diámetro del recipiente	m	0.1526																																								
H	Altura del recipiente	m	0.167																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Peso</th> <th style="width: 35%;">Peso del recipiente + Agregado suelto (kg)</th> <th style="width: 15%;">Medida</th> <th style="width: 35%;">Altura del molde (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>11.730</td> <td>1</td> <td>0.167</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>11.750</td> <td>2</td> <td>0.168</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>11.760</td> <td>3</td> <td>0.167</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>11.747</td> <td>promedio</td> <td>0.167</td> </tr> </tbody> </table>	Peso	Peso del recipiente + Agregado suelto (kg)	Medida	Altura del molde (m)	1	11.730	1	0.167	2	11.750	2	0.168	3	11.760	3	0.167	promedio	11.747	promedio	0.167	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Medida</th> <th style="width: 35%;">Altura del molde (m)</th> <th style="width: 15%;">Medida</th> <th style="width: 35%;">Diámetro del molde (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.167</td> <td>1</td> <td>0.1526</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.168</td> <td>2</td> <td>0.1529</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.167</td> <td>3</td> <td>0.1523</td> </tr> <tr> <td>promedio</td> <td>0.167</td> <td>promedio</td> <td>0.1526</td> </tr> </tbody> </table>	Medida	Altura del molde (m)	Medida	Diámetro del molde (m)	1	0.167	1	0.1526	2	0.168	2	0.1529	3	0.167	3	0.1523	promedio	0.167	promedio	0.1526		
Peso	Peso del recipiente + Agregado suelto (kg)	Medida	Altura del molde (m)																																								
1	11.730	1	0.167																																								
2	11.750	2	0.168																																								
3	11.760	3	0.167																																								
promedio	11.747	promedio	0.167																																								
Medida	Altura del molde (m)	Medida	Diámetro del molde (m)																																								
1	0.167	1	0.1526																																								
2	0.168	2	0.1529																																								
3	0.167	3	0.1523																																								
promedio	0.167	promedio	0.1526																																								
Fórmulas:																																											
$M = \frac{(Gs - T)}{V}$	$M = \frac{(Gc - T)}{V}$	$V = \frac{\pi D^2}{4} \times H$																																									
Donde:																																											
M: Peso unitario del agregado (kg/m ³)																																											
Gs: Peso del recipiente más agregado suelto (kg)																																											
Gc: Peso del recipiente más agregado compactado (Kg)																																											
T: Peso del recipiente (kg)																																											
V: Volumen del recipiente (m ³)																																											
D: Diámetro del recipiente (m)																																											
H: Altura del recipiente (m)																																											

Fuente: Elaboración propia.



3.5.2.3. Ensayo de peso específico y absorción de los agregados de Cunyac y Vicho

Referencia normativa (NTP-400.022, 2013)

3.5.2.3.1. Equipos y materiales

Se realizó este ensayo con los siguientes equipos y materiales:

- 01 balanza 0.001g
- 01 picnómetro.
- 01 molde con forma de tronco cónico.
- 01 barra compactadora.
- 01 horno capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Otras herramientas (Recipientes, brocha, cucharón metálico)

3.5.2.3.2. Procedimiento

1. Se tomó una muestra representativa de agregado fino de Vicho, Cunyac y agregado combinado de Cunyac (70%) y Vicho (30%) para luego cubrirlo con agua dejándolo reposar durante 24 horas.

Fotografía 37. Remojo de agregado fino de Cunyac y Vicho



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

2. Después de las 24 horas se decantó el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos y se colocó la muestra en una superficie no absorbente para moverla con frecuencia hasta lograr la condición de superficie seca.



Fotografía 38. Secado de agregado fino



Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

3. Luego se realizó la prueba de humedad superficial colocando el molde firmemente sobre una bandeja con el diámetro mayor hacia abajo. Se colocó la arena suelta parcialmente seco hasta el tope apisonándolo ligeramente con 25 golpes con la barra compactadora desde 5 mm por encima del agregado fino para luego, se levantó el molde verticalmente y conservaba la forma moldeada, esto indicó que la humedad de la superficie todavía estaba presente, finalmente se observó una ligera caída del agregado fino moldeado, esto indicó que se llegó a un estado de superficie seca.

Fotografía 39. Llenado de agregado fino en el cono

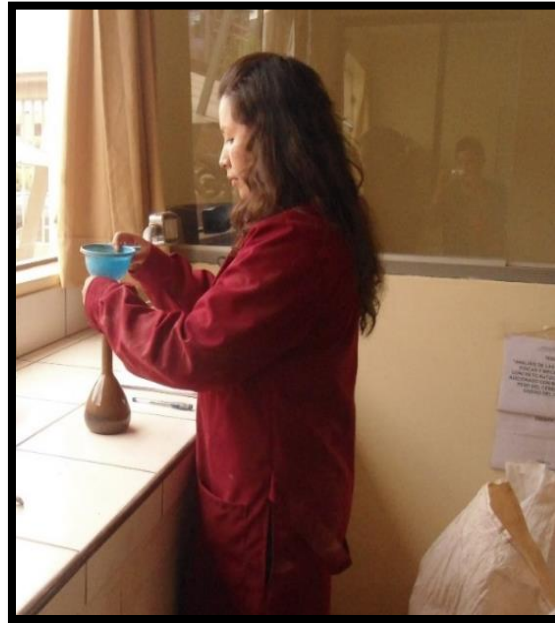


Fuente: Archivo fotográfico de la autora.

4. Luego se llenó parcialmente con agua el picnómetro y también se introdujo 500 g de agregado fino de saturada superficialmente seca para luego agitarlo.



Fotografía 40. Llenado de agregado fino y agua en el picnómetro



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

5. Se eliminó las burbujas con la ayuda de la bomba de vacíos, para luego extraer el material y llevarlo al horno a una temperatura constante. Se realizó este mismo procedimiento para el agregado de Cunyac, Vicho y la combinación de ambos.

Fotografía 41. Eliminación de burbujas en la bomba de vacíos





Fuente: Archivo fotográfico de la autora



3.5.2.3.3. Datos obtenidos

Se registraron los siguientes datos:

Tabla 26. Datos del peso específico y absorción del agregado fino de Vicho

 FICHA DE LABORATORIO 			
TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".			
ENSAYO: Peso específico y absorción del agregado fino de Vicho.			
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.022-2013.			
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor.			
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.			
FECHA: 27/03/18			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
A	Masa de la muestra seca al horno	gr	491.6
B	Masa de la fiola llena con agua	gr	686.9
C	Masa de la fiola llena con agua más la muestra	gr	1007.5
V	Volumen de la fiola	cm ³	500
S	Masa de la muestra de saturado superficialmente seca	gr	500
Fórmulas:			
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)		Densidad (SSD), kg/m ³	
$\frac{A}{(B + C - S)}$		$\frac{997.5 S}{(B + S - c)}$	
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)		Densidad aparente (SSD), kg/m ³	
$\frac{S}{(B + S - C)}$		$\frac{997.5 A}{(B + A - c)}$	
Densidad (OD), kg/m ³		Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	
$\frac{997.5 A}{(B + S - c)}$		$\frac{A}{(B + A - C)}$	
		Absorción, %	
		$100\left[\frac{(S-A)}{A}\right]$	
Donde:			
SSD: Saturada superficialmente seca.			
OD: Condición seca al horno.			

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 27. Datos del peso específico y absorción del agregado de Cunyac

Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
A	Masa de la muestra seca al horno	gr	494.1
B	Masa de la fiola llena con agua	gr	672.9
C	Masa de la fiola llena con agua más la muestra	gr	984.7
V	Volumen de la fiola	cm ³	500
S	Masa de la muestra de saturado superficialmente seca	gr	500

Fórmulas:

Densidad relativa (gravedad específica) (OD)

$$\frac{A}{(B + C - S)}$$

Densidad (SSD), kg/m³

$$\frac{997.5 S}{(B + S - c)}$$

Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)

$$\frac{S}{(B + S - C)}$$

Densidad aparente (SSD), kg/m³

$$\frac{997.5 A}{(B + A - c)}$$

Densidad (OD), kg/m³

$$\frac{997.5 A}{(B + S - c)}$$

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)

$$\frac{A}{(B + A - C)}$$

Absorción, %

$$100 \left[\frac{(S-A)}{A} \right]$$

Donde:



SSD: Saturada superficialmente seca.

OD: Condición seca al horno.

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 28. Peso específico y absorción del agregado de Cunyac 70% y Vicho 30%.

 FICHA DE LABORATORIO 			
TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".			
ENSAYO: Peso específico y absorción del agregado fino de Cunyac (70%) y Vicho (30%).			
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 400.022-2013.			
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor.			
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.			
FECHA: 12/04/18			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
A	Masa de la muestra seca al horno	gr	493.9
B	Masa de la fiola llena con agua	gr	687.5
C	Masa de la fiola llena con agua más la muestra	gr	1003.4
V	Volumen de la fiola	cm ³	500
S	Masa de la muestra de saturado superficialmente seca	gr	500
Fórmulas:			
Densidad relativa (gravedad específica) (OD)		Densidad (SSD), kg/m ³	
$\frac{A}{(B + C - S)}$		$\frac{997.5 S}{(B + S - c)}$	
Densidad relativa (gravedad específica) (SSD)		Densidad aparente (SSD), kg/m ³	
$\frac{S}{(B + S - C)}$		$\frac{997.5 A}{(B + A - c)}$	
Densidad (OD), kg/m ³		Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	
$\frac{997.5 A}{(B + S - c)}$		$\frac{A}{(B + A - C)}$	
		Absorción, %	
		$100\left[\frac{(S-A)}{A}\right]$	
Donde:			
SSD: Saturada superficialmente seca.			
OD: Condición seca al horno.			

Fuente: Elaboración propia.



3.5.2.4. Ensayo de contenido de humedad de los agregados finos de Cunyac y Vicho.

Referencia normativa (NTP 339.185, 2013)

3.5.2.4.1. Equipos y materiales

Se realizó este ensayo con los siguientes equipos y materiales:

- 01 balanza 0.001g sensible a 0.1 g.
- 01 horno capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Otras herramientas (Recipientes, brocha, cucharón metálico)

3.5.2.4.2. Procedimiento

1. Se tomó una muestra representativa de agregado fino de Cunyac, Vicho y agregado combinado de Cunyac (70%) y Vicho (30%), se tomó el peso de cada muestra luego se secó en el horno a temperatura constante.

Fotografía 42. Peso de muestras



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

2. Después de las 24 horas se extrajo las muestras del horno y se determinó el peso de cada muestra seca.



Fotografía 43. Extracción de agregado del horno



Fuente: Archivo fotográfico de la autora

Fotografía 44. Peso del agregado después del secado en el horno





Fuente: Archivo fotográfico de la autora



3.5.2.4.3. Datos obtenidos

Se registraron los siguientes datos:



Tabla 29. Datos del contenido de humedad del agregado de Vicho

	<p>FICHA DE LABORATORIO</p> <p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO”.</p>																		
ENSAYO: Contenido de humedad del agregado fino de Vicho.																			
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 339.185																			
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																			
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																			
FECHA: 09/04/19																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 45%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 25%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">W</td> <td>Peso inicial</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">584.6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Peso final</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">571.3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td>Peso del recipiente</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">84.6</td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	W	Peso inicial	gr	584.6	D	Peso final	gr	571.3	T	Peso del recipiente	gr	84.6
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor																
W	Peso inicial	gr	584.6																
D	Peso final	gr	571.3																
T	Peso del recipiente	gr	84.6																
Fórmula:																			
<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $\%P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$ </div>																			
Donde:																			
P%: Contenido total de la humedad en porcentaje, (%)																			
W: Masa de la muestra húmeda original, (gr)																			
D: Masa de la muestra seca, (gr)																			

Fuente: Elaboración propia





Tabla 30. Datos del contenido de humedad del agregado de Cunyac

	<p>FICHA DE LABORATORIO</p> <p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO”.</p>																	
ENSAYO: Contenido de humedad del agregado fino de Cunyac.																		
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 339.185																		
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																		
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																		
FECHA: 09/04/19																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 45%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 25%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">W</td> <td>Peso inicial</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">584.6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Peso final</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">569.2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td>Peso del recipiente</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">84.6</td> </tr> </tbody> </table>			Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	W	Peso inicial	gr	584.6	D	Peso final	gr	569.2	T	Peso del recipiente	gr	84.6
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor															
W	Peso inicial	gr	584.6															
D	Peso final	gr	569.2															
T	Peso del recipiente	gr	84.6															
<p>Fórmula:</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $\%P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$ </div> <p>Donde:</p> <p><i>P%</i>: Contenido total de la humedad en porcentaje, (%)</p> <p><i>W</i>: Masa de la muestra húmeda original, (gr)</p> <p><i>D</i>: Masa de la muestra seca, (gr)</p>																		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 31. Datos del contenido de humedad del agregado de Cunyac 70% y Vicho 30%

	<p>FICHA DE LABORATORIO</p> <p>TESIS: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL MORTERO DE CEMENTO PÓRTLAND TIPO IP ELABORADO CON RESIDUOS DE MARMOL EN PORCENTAJES DEL 10%, 15% Y 20% PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE LA CANTERA DE CULLPAHUANCA - QUIQUIJANA QUISPICANCHI - CUSCO".</p>																	
ENSAYO: Contenido de humedad de los agregados finos de Cunyac (70%) y Vicho (30%)																		
REFERENCIA NORMATIVA: NTP 339.185																		
ELABORADO POR: Bach. Nory Baca Sotomayor																		
LUGAR: Laboratorio de suelos, materiales, concreto y pavimentos de la UAC.																		
FECHA: 09/04/19																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Símbolo</th> <th style="width: 45%;">Descripción</th> <th style="width: 15%;">Unidad</th> <th style="width: 25%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">W</td> <td style="text-align: center;">Peso inicial</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">584.6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">Peso final</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">570.5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td style="text-align: center;">Peso del recipiente</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">84.6</td> </tr> </tbody> </table>			Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	W	Peso inicial	gr	584.6	D	Peso final	gr	570.5	T	Peso del recipiente	gr	84.6
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor															
W	Peso inicial	gr	584.6															
D	Peso final	gr	570.5															
T	Peso del recipiente	gr	84.6															
<p>Fórmula:</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $\%P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$ </div>																		
<p>Donde:</p> <p><i>P%</i>: Contenido total de la humedad en porcentaje, (%)</p> <p><i>W</i>: Masa de la muestra húmeda original, (gr)</p> <p><i>D</i>: Masa de la muestra seca, (gr)</p>																		

Fuente: Elaboración propia



3.5.3. Propiedades y ensayos del mortero

3.5.3.1. Diseño de mezclas del mortero

Según el método de (Rivera G., N.E).

Especificaciones

- La resistencia a la compresión de diseño de mortero es de 175 kg/cm² a los 28 días.
- Se diseñará con una fluidez de 100-120%

3.5.3.1.1. Materiales

- Cemento Yura tipo IP, peso específico: 2850.00 kg/m³
- Agua potable.
- Agregado fino:

Tabla 32. Características del agregado combinado de Cunyac 70% y Vicho 30%

Peso específico kg/m ³	2.77
Absorción (%)	1.24
Contenido de Humedad (%)	2.9
Módulo de fineza	2.27

3.5.3.1.2. Determinación de la resistencia promedio para mortero $f'_c = 175 \text{ kg/CM}^2$

Resistencia de mortero de diseño sin ensayos preliminares

$$R'_{mm} = 1.35 * R'_m$$

$$R'_{mm} = 1.35 * 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$R'_{mm} = 236.25 \text{ kg/cm}^2$$

3.5.3.1.3. Selección de la fluidez

Según la tabla N° 4. El mortero para pega de mampostería, se recomienda que el mortero tenga una fluidez entre 100 – 120 %, por lo tanto este será el rango escogido para la consistencia de la mezcla.

3.5.3.1.4. Selección de la relación agua-cemento

Ec. Para el límite superior (arenas gruesas)

$$R'_{mm_{mortero\ 28\ días}} = \frac{666.57}{6.59^c}$$



Reemplazando el valor de $R'_{mm}=236.25 \text{ kg/cm}^2$ y despejando obtenemos a/c para arena gruesa es de **0.55**.

Ec. Para el límite inferior (arenas finas)

$$R'_{mm_{mortero\ 28\ días}} = \frac{851.12}{19.86\frac{A}{C}}$$

Reemplazando el valor de $R'_{mm}= 236.25 \text{ kg/cm}^2$ y despejando obtenemos a/c para arena fina es de **0.43**.

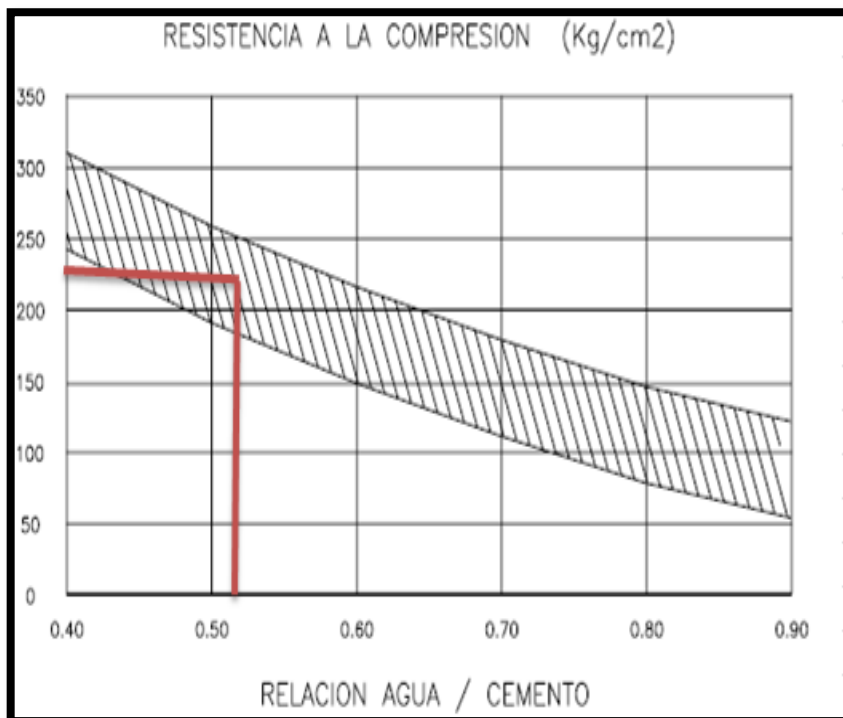
Realizando la interpolación con los parámetros que nos da RNE la norma E. 070 Albañilería MF máx = 2.5, sería a/c de arena gruesa = **0.55**, para $R'_{mm}= 236.25 \text{ Kg/cm}^2$, según la norma MF mín = 1.6, sería a/c de arena fina = **0.43** para $R'_{mm}= 236.25 \text{ Kg/cm}^2$.

Interpolación de resultados de relación agua cemento y módulo de finza de las arenas

$$\frac{A}{C} \text{ muestra arena} = 0.55 - \frac{(0.55 - 0.43)(2.50 - 2.27)}{2.5 - 1.6}$$

$$\frac{A}{C} \text{ muestra arena} = 0.52$$

Figura 8. Gráfica de la relación agua cemento vs R'_{mm}

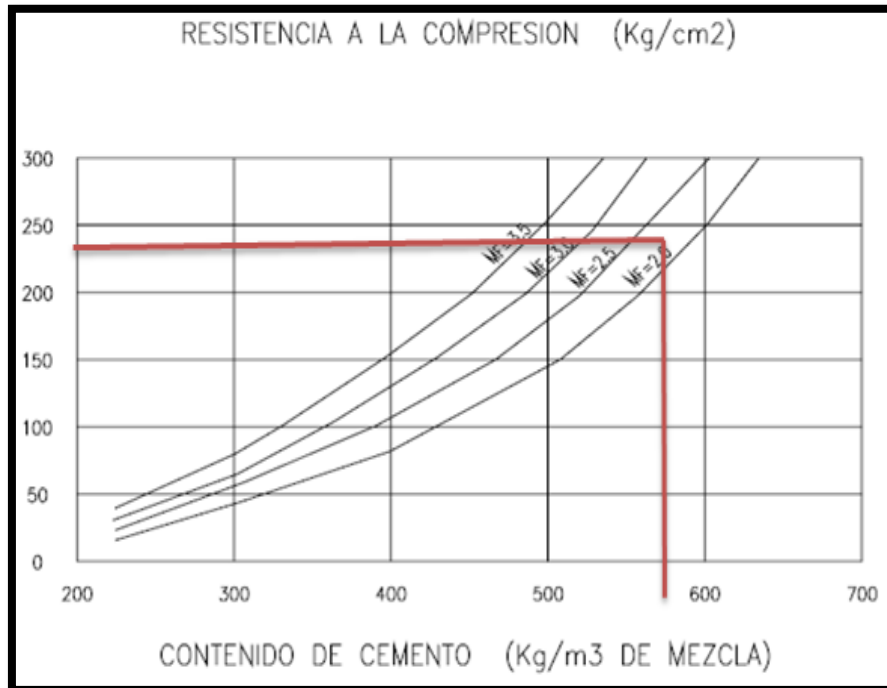


Fuente: (Rivera G. , N.E)



3.5.3.1.5. Contenido de cemento

Figura 9. Cálculo de contenido de cemento



Fuente: (Rivera G. , N.E)

- Usando lo valores de $R'_{mm} = 236.25 \text{ Kg/cm}^2$ y el $MF = 2.27$ se tiene el valor de 580 kg/m^3

3.5.3.1.6. Cantidad de agua

Es el valor de $0.52 \cdot \text{cantidad de cemento}$; $A = C \cdot a/c = 580 \cdot 0.52 = 301.6 \text{ Kg/m}^3$

3.5.3.1.7. Cálculo de volumen de arena

Calculando la suma de los volúmenes absolutos de los componentes:

Volumen absoluto de:

Cemento: $580 / 2.850 \times 1000 = 0.2035 \text{ m}^3$

Agua: $301.6 / 1000 = 0.302 \text{ m}^3$

Suma de volúmenes conocidos = 0.5055 m^3

- Volumen absoluto de agregado fino = $1 - 0.5055 = 0.495 \text{ m}^3$
- Peso del agregado fino $0.495 \times 2.77 \times 1000 = 1371.15 \text{ kg/m}^3$

3.5.3.1.8. Valores de diseño

- Cemento: 580 kg/m^3
- Agua: 301.6 kg/m^3



- Agregado fino: 1371.15 kg/m³

3.5.3.1.9. Proporción en peso seco

$$\frac{580}{580} : \frac{1371.15}{580}, \frac{301.6}{580} = 1: 2.36: 0.52$$

3.5.3.1.10. Corrección por humedad del agregado

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de mortero debe ser corregida en función de las condiciones de humedad de los agregados fino, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra:

Peso húmedo del:

- Agregado fino 1371.15*1.029 = 1410.91 kg/m³

Luego hallaremos la humedad superficial del:

- Agregado fino 2.9 – 1.24= 1.66 %

Aportes de los agregados serán:

- Agregado fino 1410.91* 1.66 % = 23.42 kg/m³
- Aporte de humedad de los agregados = 23.42 kg/m³
- Agua efectiva = 301.6-23.42=278.18 kg/m³

Pesos de los materiales corregidos por humedad del agregado:

- Cemento 580 kg/m³
- Agua efectiva 278.18 kg/m³
- Agregado fino húmedo 1410.91 kg/m³

3.5.3.1.11. Proporción en peso corregido por humedad

La proporción en peso de los materiales corregidos por humedad en proporciones unitarias de cemento:

$$\frac{580}{580} : \frac{1410.91}{580}, \frac{278.18}{580} = 1: 2.43: 0.48$$

Por consiguiente, la proporciones y cantidades de los componentes del mortero patrón y experimental serán las siguientes:



NOTA: Al diseño de cada proporción ingresa residuos combinados de mármol de wollastonita y mármol gris.

Tabla 33. Diseño del mortero patrón

Mortero patrón $f'c=175$ kg/cm²		
Proporciones		
Cemento	Agregado	Agua
1	2.43	0.48
Cantidades		
Cemento	580 kg	
Agregado Cunyac (70%)	987.64 kg	
Agregado Vicho (30%)	423.27 kg	
Agua	278.18 Lts	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Diseño del mortero experimental con 10 % de residuos de mármol

Mortero $f'c=175$ kg/cm², con 10 % de residuos de mármol		
Proporciones		
Cemento	Agregado	Agua
1	2.43	0.48
Cantidades		
Cemento	522 kg	
Residuos de mármol	58 kg	
Agregado Cunyac (70%)	987.64 kg	
Agregado Vicho (30%)	423.27 kg	
Agua	278.18 Lts	

Fuente: Elaboración propia