



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LAS CANTERAS EN LA PROVINCIA DE TRUJILLO Y LA PROPORCIÓN DE ARENA FINA, PARA MORTEROS DE ENLUCIDO, SOBRE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MECÁNICAS, EN EL AÑO 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Miguel Ángel Aguinaga Moreno

Marlon Alberto Narro Carrera

Asesor:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo– Perú

2017

DEDICATORIA

*A mis Padres, aún en ausencia siempre presentes,
continúan orientando con amor; y a mis
hermanos, copartícipes de penas y alegrías.*

*A mis hijos, por la motivación para buscar ser
mejor persona.*

A. Miguel

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A cada integrante de mi gran familia, por ser mi fuente de motivación, por formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles y por el amor inmenso que me brindan día a día.

N. Marlon

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los docentes de la Universidad Privada del Norte, que nos brindaron conocimientos y apoyo para seguir adelante en los estudios de nuestra carrera profesional y habernos abierto las puertas para la continuación de nuestro desarrollo personal y académico.

Al Ing. Iván Vásquez Alfaro, por darnos todas las facilidades y orientaciones en la realización de esta investigación.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluaron las canteras en la provincia de Trujillo y la proporción de arena fina, para morteros de enlucido, sobre sus propiedades físicas, químicas y mecánicas.

Para esta investigación, se necesitó arena fina de 4 canteras, ubicadas dentro de la provincia de Trujillo, en los alrededores de los distritos de La Esperanza y Huanchaco, para ello, se tuvo que ir hasta el lugar exacto de dichas canteras de nombres: Mudarra, Alfa y Omega, Lekersa y Esperanza; el material obtenido de cada cantera, fue caracterizado físicamente y químicamente, para determinar la calidad de cada una de ellas.

Para la fabricación de las probetas, para esta investigación, se usó cemento Portland tipo ICO, y las arenas finas de cada cantera, haciendo probetas cúbicas de 5x5x5 cm, a diferentes proporciones: 1 de cemento: 4 de arena, 1 de cemento: 6 de arena, 1 de cemento: 8 de arena y 1 de cemento: 10 de arena, las cuales fueron curadas por un tiempo de 28 días.

Los resultados finales muestran que el menor porcentaje de absorción, con 14.179%, lo presentó la cantera Mudarra, con una proporción de 1 de cemento: 4 de arena; de la misma manera, tuvo una resistencia a la compresión con un valor de 168 kg/cm² y los menores valores de la caracterización química, indicando de esta manera, que dicha cantera, es la de mejor calidad, respecto a sus propiedades físicas, química y mecánicas.

Palabras clave: Cantera, Mortero, Proporción.

ABSTRAC

In the present research work, quarries in the province of Trujillo were evaluated and the proportion of fine sand, for plaster mortars, on their physical, chemical and mechanical properties.

For this investigation, fine sand from 4 quarries was needed, located within the province of Trujillo, in the surroundings of the districts of La Esperanza and Huanchaco, for it, it had to go to the exact place of said quarries of names: Mudarra, Alpha and Omega, Lekersa and Esperanza; The material obtained from each quarry, was characterized physically and chemically, to determine the quality of each of them.

For the manufacture of the test pieces, for this research, ICO type Portland cement was used, and the fine sands of each quarry, making cube samples of 5x5x5 cm, at different proportions: 1 of cement: 4 of sand, 1 of cement: 6 of sand, 1 of cement: 8 of sand and 1 of cement: 10 of sand, which were cured for a time of 28 days.

The final results show that the lowest percentage of absorption, with 14.179%, was acquired by the Mudarra quarry, with a ratio of 1 of cement: 4 of sand, in the same way it had a value of 168 kg / cm² and the lowest values of the chemical characterization, indicating in this way, that said quarry is the best quality, with respect to its physical, chemical and mechanical properties.

Keywords: Quarry, Mortar, Proportion.

ÍNDICE

Dedicatoria	i
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Índice	vi
Listado de figuras	x
Listado de tablas	xi

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	5
1.3. Justificación	5
1.4. Limitación	7
1.5. Objetivos	8
1.6. Hipótesis	8
1.7. Tipo de investigación	8

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes	9
2.2. Bases Teóricas	12
2.2.1. Mortero	12
2.2.2. Características del mortero	12
2.2.2.1. Plasticidad	12
2.2.2.2. Adherencia	12
2.2.3. Propiedades mecánicas de los morteros	13
2.2.3.1. Propiedades en estado plásticos	13
2.2.3.1.1. Trabajabilidad	13
2.2.3.1.2. Retención de agua	13
2.2.3.1.3. Velocidad de endurecimiento	14

2.2.3.1.4. Contenido de aire	14
2.2.3.1.5. Masa unitaria	14
2.2.3.2. Propiedades en estado endurecido	14
2.2.3.2.1. Retracción	15
2.2.3.2.2. Adherencia	15
2.2.3.2.3. Durabilidad	15
2.2.3.2.4. Permeabilidad	15
2.2.3.2.5. Apariencia	16
2.2.3.2.6. Absorción	16
2.2.3.2.7. Resistencia a la compresión	16
2.2.3.2.8. Absorción por succión capilar de los morteros	16
2.2.3.2.9. Absorción capilar-durabilidad	17
2.2.3.2.10. Porosidad del mortero	17
2.2.3.2.11. Eflorescencia	18
2.2.3.2.11.1. Causas de la eflorescencia	19
2.2.3.2.11.2. Origen de las sales	19
2.2.4. Clasificación de los morteros	20
2.2.4.1. Según la forma de endurecer	20
2.2.4.2. Según los materiales que lo componen	20
2.2.4.3. Según su utilización	21
2.2.4.4. Según el agregado que se utilice en la mezcla	21
2.2.4.5. Según sus propiedades mecánicas y por su dosificación	21
2.2.5. Clasificación de los morteros, según norma ASTM C-270	21
2.2.6. Componentes de los morteros	22
2.2.6.1. Cemento Portland	22
2.2.6.1.1. Tipos de cemento	23
2.2.6.1.2. Cemento Pacasmayo Tipo I Mejorado	23
2.2.6.1.2.1. Hidratación, fraguado y endurecido de las pastas cementantes	24
2.2.6.2. Agregados	25
2.2.6.2.1. Agregado fino	25
2.2.6.2.2. Características	25
2.2.6.2.3. Clasificación	25
2.2.6.2.4. Propiedades	26
2.2.6.2.4.1. Plasticidad	26

2.2.6.2.4.2. La refractariedad	26
2.2.6.2.4.3. Cohesión	26
2.2.6.2.4.4. Módulo de finura	26
2.2.6.2.4.5. La permeabilidad	26
2.2.6.2.5. Análisis granulométrico	27
2.2.6.2.6. Módulo de finura (MF)	27
2.2.6.2.7. Humedad en los agregados	28
2.2.6.2.8. Peso específico	28
2.2.6.2.9. Absorción	28
2.2.6.2.10. Peso unitario	29
2.2.6.2.10.1. Peso unitario seco suelto	29
2.2.6.2.10.2. Peso unitario seco compacto	30
2.2.6.2.11. Caracterización físico-química	30
2.2.6.2.11.1. Salinización	30
2.2.6.2.11.2. La reacción de pH	31
2.2.6.2.11.3. Sólidos suspendidos totales (TDS)	31
2.2.6.3. Agua	32

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Unidad de estudio	33
3.2. Población	33
3.3. Muestra	33
3.4. Tipos de investigación	34
3.5. Diseño de investigación	34
3.5.1. Diseño experimental	35
3.5.2. Desarrollo del diseño experimental	36

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Arena fina para enlucido	49
4.1.1. Propiedades físicas	49
4.1.1.1. Ensayo de granulometría	49
4.1.1.2. Propiedades físicas de los agregados finos	50
4.1.2. Propiedades químicas	50

4.2. Morteros de arena cemento	51
4.2.1. Propiedades mecánicas: Resistencia a la compresión	51
4.2.2. Propiedades químicas	52
4.2.2.1. Eflorescencia	52
4.2.3. Propiedades físicas	53
4.2.3.1. Absorción de probetas	53
4.2.3.2. Capilaridad	54
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	
5.1. Discusión de resultados	59
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	
CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
APÉNDICE	
Apéndice I: Caracterización de la materia prima del mortero	71
Apéndice II: Resultados de los ensayos realizados	81
Apéndice III: Registro Fotográfico	93
ANEXO	
Anexo I: Resultado de Análisis de sulfatos	98 - 102

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01.** Desprendimiento en mortero para enlucido
- Figura N° 02.** Eflorescencia en mortero para enlucido
- Figura N°03.** Ubicación de canteras
- Figura N° 04.** Probeta de morteros
- Figura N° 05:** Diseño experimental
- Figura N° 06:** Vista satelital de la cantera Mudarra
- Figura N° 07:** Vista satelital de la cantera Lekersa
- Figura N°08:** Vista satelital de la cantera Alfa y Omega
- Figura N° 09:** Vista satelital de la cantera Esperanza
- Figura N° 10:** Curva granulométrica, para arenas finas
- Figura N°11:** Curva granulométrica de las cuatro canteras
- Figura N° 12:** Proporciones de cada cantera vs el ensayo de Compresión
- Figura N° 13:** Proporciones de cada cantera vs la absorción
- Figura N°14:** Capilaridad de cada proporción en la cantera Mudarra
- Figura N°15:** Capilaridad de cada proporción en la cantera Lekersa
- Figura N° 16:** Capilaridad de cada proporción en la cantera Alfa y Omega
- Figura N°17:** Capilaridad de cada proporción en la cantera Esperanza
- Figura N°A2.** Extracción de arena fina, en la cantera Esperanza
- Figura N°A1.** Extracción de arena fina, en la cantera Mudarra
- Figura N°A4.** Valor de la salinidad en la cantera Esperanza
- Figura N°A3.** Cantera Alfa y Omega
- Figura N°A6.** Ejecución de ensayo de Peso Unitario
- Figura N°A5.** Medición de TDS de los agregados finos
- Figura N°A8.** Medición de la conductividad de los agregados finos
- Figura N°A7.** Colocado de probetas en el recipiente para eflorescencia
- Figura N°A9.** Determinación del contenido de humedad
- Figura N°A10.** Ensayo de Análisis Granulométrico mecánico
- Figura N°A11.** Secado de la arena saturada
- Figura N°A12.** Muestra de arena fina, saturada superficialmente seca
- Figura N°A13.** Enrasado del molde para peso unitario
- Figura N°A14.** Granulometría manual de los agregados finos
- Figura N°A15.** Ruptura de las probetas a 28 días de curado

LISTADO DE TABLAS

- Tabla N° 01.** Rendimiento de Componentes de Mortero por Unidad de Superficie
- Tabla N° 02.** Costo por m² de enlucido
- Tabla N° 03.** Especificaciones de los morteros, según norma ASTM C-270
- Tabla N° 04:** Resistencia a la compresión, dependiente de la proporción arena-cemento
- Tabla N° 05.** Componentes y fases del mortero
- Tabla N° 06.** Clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria (*Arriola D.J. ,2009*)
- Tabla N° 07.** Compuestos principales en el cemento Portland
- Tabla N° 08.** Clasificación de la salinidad según su conductividad.
- Tabla N° 09.** Parámetros de clasificación salino y sódico (madrimasd.org/blogs/universo)
- Tabla N° 10.** Categorías de los diferentes pH
- Tabla N° 11.** Parámetros físico-químicos del agua potable y agua destilada
- Tabla N° 12:** Variables independiente y niveles de estudio
- Tabla N° 13:** Variables dependiente
- Tabla N° 14:** Matriz de diseño experimental.
- Tabla N° 15:** Tabla matriz para un Análisis Granulométrico
- Tabla N° 16:** Tabla matriz para Peso Unitario de agregados
- Tabla N° 17:** Tabla matriz para Peso Unitario de agregados
- Tabla N° 18:** Tabla matriz para Peso Unitario de agregados
- Tabla N° 19:** Tabla matriz para Peso Unitario de agregados
- Tabla N° 20:** Códigos de probetas
- Tabla N° 21:** Códigos de probetas
- Tabla N° 22:** Tabla de intensidades, según el porcentaje de superficie afectada
- Tabla N° 23:** Matriz de llenado
- Tabla N° 24:** Cuadro resumen de la granulometría de las canteras
- Tabla N° 25:** Cuadro resumen de Peso Unitario
- Tabla N° 26:** Cuadro Resumen de las Propiedades Químicas de las Canteras
- Tabla N° 27:** Cuadro resumen de la compresión
- Tabla N° 28:** Ensayo de eflorescencia, para la cantera Mudarra
- Tabla N° 29:** Ensayo de eflorescencia, para la cantera Lekersa
- Tabla N° 30:** Ensayo de eflorescencia, para la cantera Alfa y omega
- Tabla N° 31:** Ensayo de eflorescencia, para la cantera Esperanza

Tabla N° 32: Resumen de absorciones de las diferentes canteras

Tabla N°33: Resumen de la capilaridad de cada proporción en la cantera Mudarra

Tabla N°34: Resumen de la capilaridad de cada proporción en la cantera Lekersa

Tabla N° 35: Resumen de la capilaridad de cada proporción en la cantera Alfa y Omega

Tabla N°36: Resumen de la capilaridad de cada proporción en la cantera Esperanza

Tabla A-01: Análisis Granulométrico de la cantera Mudarra, muestra 1

Tabla A-02: Análisis Granulométrico de la cantera Mudarra, muestra 2

Tabla A-03: Análisis Granulométrico de la cantera Mudarra, muestra 3

Tabla A-04: Análisis Granulométrico de la cantera Lekersa, muestra 1

Tabla A-05: Análisis Granulométrico de la cantera Lekersa, muestra 2

Tabla A-06: Análisis Granulométrico de la cantera Lekersa, muestra 3

Tabla A-07: Análisis Granulométrico de la cantera Alfa y Omega, muestra 1

Tabla A-08: Análisis Granulométrico de la cantera Alfa y Omega, muestra 2

Tabla A-09: Análisis Granulométrico de la cantera Alfa y Omega, muestra 3

Tabla A-10: Análisis Granulométrico de la cantera Esperanza, muestra 1

Tabla A-11: Análisis Granulométrico de la cantera Esperanza, muestra 2

Tabla A-12: Análisis Granulométrico de la cantera Esperanza, muestra 3

Tabla A-13: Contenido de humedad de las canteras estudiadas

Tabla A-14: Peso unitario de la cantera Mudarra

Tabla A-15: Ensayo de absorción de la cantera Mudarra

Tabla A-16: Calidad Fisicoquímica de las canteras estudiadas

Tabla A-17: Absorción de las probetas de las canteras estudiadas

Tabla A-18: Resistencia a la compresión de las canteras estudiadas

Tabla A-19: Ensayo de Capilaridad de la cantera Mudarra

Tabla A-20: Ensayo de Capilaridad de la cantera Lekersa

Tabla A-21: Ensayo de Capilaridad de la cantera Alfa y Omega

Tabla A-22: Ensayo de Capilaridad de la cantera Esperanza

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En las últimas décadas, en el Perú existe un gran crecimiento poblacional y por ende una fuerte demanda en la adquisición de viviendas, generando un crecimiento de la industria de la construcción, y, como consecuencia la exigencia en la calidad y diseño, no sólo de las viviendas de inmobiliarias privadas, sino también las subsidiadas estatales. Según el Dr. Víctor Aníbal Sánchez Aguilar, Jefe del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI - en el 2016, se estimaba un crecimiento anual de 11 personas por cada mil habitantes, para lo cual se estimaba que, durante el pasado año, nacieron 574957 personas. Debido a esto; nuestro país es considerado el octavo país más poblado de América y el número 42 del planeta, siendo la costa peruana la más poblada con 55.9% del total de la población nacional. Una de las regiones destacadas por su alto potencial de desarrollo, es La Libertad por su gran dinamismo comercial y productivo, que la convierte en uno de los principales ejes económicos del país. **(Reporte INEI, 2016)**. En Trujillo, ciudad capital de la Región, al igual que la totalidad del mercado inmobiliario peruano, la demanda por adquirir propiedades inmuebles no se ha detenido. **(Gestión, 2016)**.

Dado que el avance de la construcción de edificaciones está en su apogeo, se ha visto la necesidad de contar con los materiales adecuados para dichas construcciones, pero estos deben cumplir características físico químicas, y mecánicas propias de un material de buena calidad, siendo uno de los principales componentes de la construcción de edificaciones: El mortero, cuya calidad depende fundamentalmente de los componentes empleados en su elaboración, siendo estos de diversos tipos, algunos procedentes de la industria, como los morteros epóxicos, mientras otros son materias primas provenientes de las zonas cercanas a la ciudad, para ser usados en morteros de cemento.

Una de las preguntas más frecuentes hechas por los señores ferreteros, es: ¿Cómo sé, si el material existente en el distrito de Trujillo y sus alrededores es de buena o mala calidad?; esto se comprobaría realizando ensayos que garanticen su calidad, para aliviar el elevado costo económico que supondría el efectuar un muestreo continuado por los ferreteros, cuyo estudio es imprescindible para contar con la información exigente de los componentes empleados en la elaboración de morteros para construcciones. **(Puente C. G., 2007)**

Hasta antes del año 1970, los edificios de albañilería se construían sin las precauciones necesarias, por lo que generalmente sufrían serios daños estructurales cuando ocurrían los sismos, llegando incluso a colapsar ante los terremotos. En otros casos, se proporcionaba paredes con espesores exagerados y muros en abundancia, dando por resultado edificios seguros, pero antieconómicos. Es decir, estas edificaciones no seguían los lineamientos de

un diseño racional, debido a que no se contaba con la información suficiente que le permitiese efectuar un diseño adecuado. **(Hernández L., 2012)**

Actualmente, en el sector construcción, en viviendas informales, es común observar el uso de materiales deficientes; también se observa que personal inexperto (peones) realiza las dosificaciones o proporciones para el concreto y mortero, aumentando o variando cualquier material (agua, cemento o arena) de acuerdo a la facilidad de su trabajo. El constructor realiza cambios en la configuración estructural inicial, sin saber si ello ocasionará un aumento en la vulnerabilidad sísmica de la vivienda.

Durante la construcción de las viviendas, los pobladores no controlan la proporción y mezclado del mortero para las unidades de mampostería. Esto origina la aparición de fisuras en zonas debilitadas ya sea por la retracción como por la contracción química, por secado o por carbonatación del mortero, impidiendo así que logre la resistencia a la compresión recomendada. **(Galindo, 2005)**

Por esto, los morteros deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento; y además, garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante, de lo contrario ocurrirá un desprendimiento, como se muestra en la Figura N°01.

La realidad es que esto depende mucho del desconocimiento de los materiales y de la experiencia del albañil. Su uso es limitado ya que no existe hoy en día un diseño adecuado. **(Puente C. G., 2007)**



Figura N° 01. Desprendimiento en mortero para enlucido

Otro de los principales problemas existentes en la industria de la construcción, es: ¿En dónde se debería de comprar agregados?, ¿Todas las canteras proporcionan materiales de igual calidad?, ¿son formales?, etc. Respondiendo a algunas de las preguntas hechas por compradores, la mayoría de canteras en Trujillo, son informales, y menos del 20% de canteras están formalizadas, el motivo de ello, es que las canteras informales, no solo explotan el material en dicha zona, sino que explotan zonas que son patrimonio cultural, dado a esto, Luis de la Vega, integrante de la Asociación de Rescate y Defensa del Apu Cerro Campana, entidad de la sociedad civil ubicada en el distrito de Huanchaco, denunció que los promotores de las canteras informales invaden más el espacio e incluso llegan hasta la base del cerro, llevando maquinaria pesada y en grandes cantidades extraen material del lado sur del cerro, por donde usualmente se puede ingresar a la loma costera, ocasionando daño a la biodiversidad natural y el patrimonio cultural de este cerro, habitualmente visitado por turistas. **(RPP Noticias, 2013)**

En la actualidad, la mayoría de constructores urbanos (albañiles), cuando enlucen sus paredes tratan de usar la menor cantidad de cemento, por lo que las proporciones que más usan son 1 parte de cemento por 6 partes de arena (1:6) y en algunos casos hasta 1 parte de cemento por 8 partes de arena (1:8); pero en grandes edificaciones como edificios, condominios, etc., usan la relación 1 parte de cemento por 5 partes de arena (1:5), atribuyendo a este, ser un mortero de buena calidad, pero estos datos no son de alta confiabilidad; como sabemos, la calidad de los morteros para enlucido, depende de la calidad física y química que tenga el agregado fino. Además, es bien sabido que la proporción 1 parte de cemento por 6 partes de arena (1:6) se puede usar como mortero de enlucido, pero para muros que no tengan carga, lo contrario a la proporción 1 parte de cemento por 4 partes de arena (1:4), que puede soportar cargas de regulares a grandes, por lo que, para no preparar dos mezclas diferentes en una misma obra, se recomienda usar la proporción 1 parte de cemento por 4 partes de arena (1:4) independientemente si soportan o no carga.

No solo a nivel industrial, sino también en pequeñas construcciones hechas por albañiles, en las obras no se cura al mortero de enlucido, ya sea por evitar los gastos económicos del uso de agua, o por falta de tiempo, incluso por dejadez del ingeniero, albañil o dueño del inmobiliario, lo cual podría generar a largo o corto plazo, fallas leves o graves en dichos morteros.

Paolo Modenese, en su estudio por elaborar un manual de obra, donde explique, qué es y las propiedades que debe tener un agregado para obtener un mortero de buena calidad, también explica qué proporciones deberían usarse según la aplicación, en donde indica que las

proporciones a usar son 1 de cemento: 4 de arena, si el muro soporta carga; 1 de cemento: 5 de arena, si soporta carga baja y 1 de cemento: 6 de arena, si no soporta carga. Pero también determina la cantidad de cemento y arena que entran en 1 m² de pared y/o piso, según su aplicación, si es para enlucido, masillado o juntas. Lo cual está presentado en la tabla siguiente.

Tabla N° 01. Rendimiento de Componentes de Mortero por Unidad de Superficie

Tipo de Elemento	Cemento (quintal)	Arena (m ³)	Observaciones
Enlucidos	0.093	0.015	1 m ² de pared (espesor = 1.5 cm)
Masillados	0.309	0.025	1 m ² de piso (espesor = 2.5 cm)
Juntas	0.144	0.016	1 m ² de pared (bloque de 15 y espesor junta de 1.5 cm)

Es bien sabido que los costos de mano de obra para enlucir un muro o techo de una edificación, varían dependiendo: del lugar de ubicación del muro (en qué planta se ubica) y de si es un muro o es un techo; por obvias razones, los mayores costos se presentan cuando es un techo y cuanto más elevado esté el muro (a mayor planta, mayor costo). Los precios varían según la tabla siguiente.

Tabla N° 02. Costo por m² de enlucido

Tipo de Elemento		Costo por m ² (S/.)
Primera planta	Muro (pared)	12 a 15
	Techo	14 a 17
Según planta	Muro (pared)	15 a 18
	Techo	18 a 20
Tercera planta	Muro (pared)	20 a 23
	Techo	23 a 27
Conforme sea más elevado el nivel de la planta, mayor es el costo por metro cuadrado, independientemente si es muro o techo		

Además, cuanto más poroso es el mortero para enlucido, más absorbente tiende a ser este, por lo que genera sobre costos cuando se desea darle un mejor acabado (pintado), ya que se usará más pintura de lo normal, y en algunos casos es tan poroso que es necesario empastar y/o ponerle masillas antes del pintado, lo cual generaría aún muchos más costos de lo normal. Pero también existe el caso de que el mortero usado para enlucido de una pared o un techo, tenga defectos o no cumpla con su función establecida, como; eflorescencia, (ver figura N° 2), desprendimiento, fisuramiento, entre otras, es necesario el uso de productos

como aditivos, ya sea selladores o impermeabilizantes, pero no solo aditivos, sino también masillas, para subsanar los daños causados, generando un sobre costo, lo cual se podría evitar, escogiendo un buen material, con buenas propiedades.



Figura N° 02. Eflorescencia en mortero para enlucido

Considerando lo anterior se entiende que es necesaria la elaboración de guías, manuales o nuestra Tesis de Investigación, que den una difusión óptima y con informaciones precisas de productos que, contando con un contraste determinado, puedan ser incorporados a la elaboración de concreto garantizando su alta calidad, mostrando de la misma manera alternativas de diseño para porcentajes de agregado fino, tamaño granulométrico y la mejora continua de sus propiedades en cuanto a unidades de albañilería.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo se evalúan las canteras en la provincia de Trujillo y la proporción de arena fina, para morteros de enlucido, sobre sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, en el año 2017?

1.3. Justificación

En el Perú, el crecimiento de la industria de la construcción va de la mano con el desarrollo de su teoría - práctica; por ende, se desea dar las pautas sobre las respuestas a las proporciones y la influencia del agregado fino (arena fina) de distintas canteras, sobre el comportamiento físico – como la densidad, químico – como la eflorescencia y mecánico como la resistencia a la compresión; aportando a la mejora de la construcción y de la mano de obra calificada, contribuyendo así, a la necesidad de tener fichas técnicas de aplicaciones en morteros, las cuales nos permitan fortalecer un sector de la construcción que viene creciendo paulatinamente.

El cemento es uno de los materiales más usados en la industria de la construcción, y una de las marcas más conocidas y consumidas en todo el norte del país, es “Cemento Pacasmayo”, el cual entre sus productos tiene a los cemento tradicional y cementos adicionados; dentro de los tradicionales tenemos al tipo I y V, los cuales son compuestos por una mezcla de clinker (95%) y yeso (5%) bajo la norma ASTM C150. Pero los cementos adicionados aparte de tener en su composición a la mezcla antes mencionada, también tiene adiciones minerales en distintas proporciones, dándole valor agregado en ciertas propiedades, entre ellos tenemos al cemento “Extraforte ICO”, el cual fue utilizado en esta investigación, es de uso general, brinda buena resistencia a la compresión, mejor maleabilidad y moderado calor de hidratación, aparte de ello, el precio de este cemento es cómodo, facilitando así que cualquier persona pueda adquirirlo.

En la provincia de Trujillo, existen diversas canteras ya sean formales o no; en las que se explotan los agregados para la construcción; en su mayoría se encuentran en zonas cercanas a zonas marítimas o en los alrededores de zonas industriales, por lo que, para esta investigación, se decidió usar cuatro canteras, dos de ellas estén cerca a alguna playa, en este caso en el distrito de Huanchaco, en donde se encuentran las canteras “Lekersa” y “Alfa y Omega” y las otras dos en los alrededores de lugares donde hay industrias, para este caso, “Mudarra”, en el sector El Milagro del distrito de Huanchaco y “Esperanza”.

Una manera de comprender al mortero es realizar estudios para mejorar las propiedades físicas, químicas y/o mecánicas del material compuesto de cemento, agua y arena. Pero en el Perú, no existe una guía que califique la calidad de los agregados a usar, llevando al consumidor a comprar un material, el cual puede que le genere daños en la construcción, y, con el tiempo genere un gasto de reparación innecesario, por ello la presente investigación desea permitir aportar a la comunidad técnica, científica y empresarial, acerca del comportamiento del mortero, con el uso de agregado fino de distintas canteras, beneficiando a las empresas del sector construcción.

En toda investigación, se realizarán ensayos mecánicos, físicos e incluso químicos, para determinar la calidad del agregado fino (arena fina) y el buen desempeño del mortero; entre los ensayos que se realizarán, tenemos los físico-químicos del agregado fino, como: la salinidad, conductividad, sulfatos, sólidos totales suspendidos y el pH, cuyos valores deben estar dentro de un margen establecido, de lo contrario, esto afectará a los valores de compresión del mortero. Si hablamos de ensayos físicos y mecánicos, tenemos: análisis granulométrico, absorción, peso específico, humedad, peso unitario suelto, peso unitario

compacto. Otro ensayo que se realizará, será el de resistencia a la compresión, que nos indica la carga máxima que puede soportar en una determinada área.

Además, cuando se habla de morteros, siempre son muy discutidas las cantidades, ya sea en volumen o en peso, que se deberían de usar cuando se hace una mezcla para mortero; en el ámbito ingenieril se recomiendan tres proporciones: 1 de cemento:4 de arena (1:4), 1 de cemento:5 de arena (1:5) o 1 de cemento:6 de arena (1:6), dichas proporciones son ideales para soportar cargas, y no son ricas en cemento, por lo que el costo que genera, no es elevado. Sin embargo, artesanalmente, los albañiles prefieren usar las proporciones 1:6 o 1:8, que son proporciones en las cuales hay una buena trabajabilidad de la mezcla, y son económicamente rentables. Por lo que, para esta investigación, se tomaron las proporciones recomendadas tanto por ingenieros, como por albañiles, para determinar de forma concisa y concreta, cuál es la mejor proporción, ante posibles daños que se puedan dar con el tiempo en los morteros para enlucido.

Dentro de los parámetros que se desean evaluar en los morteros para enlucido, están la carga máxima que puede soportar, para lo cual se hizo el ensayo de resistencia a la compresión, además de ser este ensayo el más usado cuando se hace una investigación de morteros o concreto. También es indispensable determinar la absorción que tienen los morteros, evaluando qué tan porosos son estos morteros, lo cual generaría sobre costos cuando se desee dar un mejor acabado a los morteros de enlucido, ya que se tendría que hacer uso de más cantidad de pintura, y en algunos casos el uso de masillas. Finalmente, también se determinó la eflorescencia, así podremos determinar si los morteros con el tiempo eflorescerán o no, y si lo hacen, en qué grado lo harán.

Además, esta investigación está asociada a la posibilidad de aumentar la bibliografía existente en el país, respecto a los agregados autóctonos, dando sus características y comparándolas; generando a la vez un ahorro de costos en la realización de ensayos; ya que la información estará disponible para toda la población.

1.4. Limitaciones

En la ejecución de esta investigación, como en toda investigación científica, hay parámetros y/o dificultades que afectan el buen desempeño de esta, siendo en este caso:

Horarios de trabajo y atención en el área destinada, por motivo de protocolos dados por la universidad.

1.5. Objetivos

Objetivo General:

- Evaluar las canteras de Trujillo y las proporciones de arena fina para morteros de enlucido, sobre sus propiedades físicas, químicas y mecánicas.

Objetivos Específicos:

- Evaluar la calidad química de las arenas finas para enlucidos, como: conductividad, acidez, salinidad, sólidos totales suspendidos y pH de las canteras.
- Analizar la calidad física de las arenas finas para enlucidos, mediante pruebas como: análisis granulométrico, humedad, peso específico, absorción, peso unitario suelto seco y compacto seco.
- Identificar la máxima y mínima absorción, porosidad, y eflorescencia de los morteros de cemento / arena con relación agua / cemento de 0.50.
- Obtener la proporción óptima para una alta resistencia a la compresión en los morteros de enlucido

1.6. Hipótesis

- La calidad de las canteras depende del valor de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas.
- A medida que aumenta la proporción de arena fina, disminuye el valor de sus propiedades mecánicas.

1.7. Tipo de investigación

- De acuerdo al fin que se persigue:** Aplicada
- De acuerdo al diseño de investigación:** Experimental

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Huamán C., 2016, en su investigación realizada en la Universidad Nacional de Trujillo: “Influencia del porcentaje de agregado fino y módulo de finura sobre la resistencia a la compresión y absorción en morteros para la construcción”, utilizó arenas de la cantera El Milagro, en el sector distrital del mismo nombre, y cemento Pacasmayo tipo ICO, en la cual determinó que, a medida que aumenta el porcentaje de agregado fino de menor módulo de finura, disminuye la resistencia a la compresión, al trabajar con arena gruesa de un módulo de finura 2.8, alcanzó una resistencia máxima a la compresión de 287.74 kg/cm^2 , para una proporción 1 de cemento y 3 arena media (66%), arena media de un módulo de finura 2.4, alcanzó una resistencia a la compresión de 259.53 kg/cm^2 , para una proporción 1 de cemento y 2 arena (56% de arena), y arena fina de un módulo de finura 1.0, alcanzó una resistencia a la compresión de 274.95 kg/cm^2 , para una proporción 1 de cemento y 2 arena (56% de arena), a su vez demostró que al usar arena fina independiente de la cantidad, aumenta la absorción que los morteros presentan, alcanzando una absorción máxima del 18.36% para una proporción de 1 de arena y 2 de cemento, contrario al usar arena gruesa alcanzando una absorción máxima del 12.65% para una proporción de 1 de arena y 2 de cemento y para la arena media, una absorción máxima del 16.19% para una proporción de 1 de arena y 2 de cemento.

Villaroel J., 2017, en su investigación: “Evaluación del porcelanato reciclado y dosificación en morteros de asentado sobre la resistencia a compresión, absorción, densidad y flujo, Trujillo 2017”, realizada en la Universidad Privada del Norte - Trujillo, utilizó proporciones cemento/arena de 1 de cemento : 3 de arena y 1 de cemento : 4 de arena, sustituyendo la arena por porcelanato molido de 0%, 15%, 30%, 45%, 60%, 75% y 90%; para lo cual fabricó probetas cúbicas de $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$, alcanzando valores de compresión entre 341 kg/cm^2 a 343 kg/cm^2 , una absorción del 9.6% a 8.9% y una densidad de 1876 kg/m^3 a 1870 kg/m^3 , cuando usó la proporción 1 de cemento y 3 de arena, cuando se usaron los porcentajes de sustitución del 75% al 90%. Y para la proporción 1 de cemento: 4 de arena, cuando se usaron las sustituciones del 60% al 74%, alcanzó los valores de compresión entre 248 kg/cm^2 a 287 kg/cm^2 , una absorción del 9.5% a 9.4% y una densidad de 1894 kg/m^3 a 1911 kg/m^3 .

Morante P. A. 2008, Lima, en su investigación: “Mejora de la adherencia mortero - ladrillo de concreto”, cuyo objetivo buscaba mejorar la resistencia a fuerza cortante de la albañilería hecha con ladrillos de concreto. Realizando ensayo de compresión de pilas, ensayo de compresión diagonal de muretes, ensayo de compresión del mortero de las juntas, en cubos

de 5 cm por lado y granulometría de la arena; donde encontró que para morteros sin cal (20% cemento, 80% de arena) su R_c fue de 174 kg/cm^2 , mientras que para morteros con cal (18% cemento, 9% cal y 73% arena) su R_c fue de 182 kg/cm^2

Arriola, 2009, en el país de Guatemala, en su investigación: Diseño de Morteros con Cementos Hidráulicos para la Construcción de Muros con Elementos de Mampostería, teniendo como objetivo elaborar un diseño para mampostería comparando las resistencias a la compresión entre morteros con cal y sin cal, trabajando a distintas proporciones, teniendo como proporción 1 de cemento: 3 de arena (1:3); cuyo estudio se resume en la tabla siguiente:

Tabla N° 03. Especificaciones de los morteros, según norma ASTM C-270 (*American Society for Testing and Materials.*)

Mortero	Tipo de Mortero	Resistencia Mínima Promedio a la Compresión a 28 días			Retención Mínima de Agua (%)	Contenido Máximo de Aire (%)	Agregado Fino Suelto
		MPa	Kg/cm ²	P.S.I			
Cemento - Cal	M	17.2	176	2500	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	12.4	127	1800	75	12	
	N	5.2	53	750	75	14	
	O	2.4	25	350	75	14	
Cemento de mampostería	M	17.2	176	2500	75	18	
	S	12.4	127	1800	75	18	
	N	5.2	53	750	75	18	
	O	2.4	25	350	75	18	

Puertas F, 1995, en la ciudad de Madrid, en su investigación para ciencias químicas, desarrollo de nuevos morteros de reparación, resistentes al ataque biológico empleando la sepiolita como material soporte de biocida, tuvo como objetivo minimizar el ataque biológico usando una mezcla de mortero con sepiolita, analizando la adición de sepiolita al mortero con cal, teniendo la cantidad óptima de sepiolita al adicionar al mortero de cal con relación árido/ligante 3/1 y agua = 0.86, teniendo como ligante con sepiolita, es del 5% en peso; además de mostrar que la resistencia de los nuevos morteros de cal con sepiolita permanecen inalterables después de 25 ciclos de hielo/deshielo frente a un mortero tradicional.

Gutiérrez L, 2003, en su investigación realizada en Colombia, tuvo como objetivo utilizar diversos materiales entre ellos el concreto, aplicados a la industria de la construcción, realizando de esta manera ensayos de compresión en base al estudio de las propiedades del

mortero: módulo de finura, flujo de consistencia y variación de las relaciones de arena cemento, utilizando las proporciones 1/4, 1/6 y 1/8. Con una relación agua/cemento (a/c) casi ideal; llegando a la conclusión de que la resistencia fue 240 kg/cm² para la relación a/c = 0.55, con una proporción de 1/4.

López L., López J., 2008, España, en su investigación Morteros de cemento y arena, establecieron valores de resistencia a la compresión, dependientes de las proporciones de arena y cemento, teniendo como resultados, los establecidos en la tabla siguiente:

Tabla N°04: Resistencia a la compresión, dependiente de la proporción arena-cemento

Tipo de Mortero	Porcentaje en Proporción (%)		Kgs. de Cemento por m ³ de Mortero	Empleo Preferente	Resistencia kg/cm ²
	Cemento	Arena			
Ricos	50	50	800	Bruñidos y revoques impermeables. Enlucidos, revoques de zócalo, corrido de cornisas. Bóveda tabicada, muros muy cargados, enlucidos de pavimento, enfoscados. Bóvedas de escaleras, tabiques de rasilla. Muros cargados,	160
	33	67	600		
	25	75	450		
Ordinarios	20	80	380	Fábrica de ladrillos, enfoscados. Fábricas cargadas.	130
	17	83	300		98
Pobres	14	86	250	Muros sin carga	75
	11	89	200	Rellenos para solado	50
	9	91	170		30

Herrera, 2007, en la ciudad de Madrid, en su estudio: Diseño de Explotaciones de Cantera, teniendo como objetivo explicar la importancia de conocer la caracterización de los agregados, cuando se desea evaluar la factibilidad de la explotación de una cantera. Dicho de otro modo; antes de explotar una cantera se debe verificar si la materia prima cumple con los valores para su utilización como agregados para concreto o uso vial, desarrollando la investigación experimental con una población de distintas canteras.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mortero

Es el material que usamos en la obra de albañilería, obtenido mezclando uno o más elementos aglomerantes, arena, agua y eventualmente algún aditivo. Obtenemos un pétreo artificial cuya pasta adhesiva está constituida por compuestos resultantes de la combinación de un aglomerante con agua o con componentes de la atmósfera. La pasta adhesiva da cohesión al conjunto de materiales granulares llamados agregados, que en el caso de los morteros son agregados finos (tamaño menor a 3 mm). El producto obtenido debe ser una masa plástica y trabajable capaz de unir mampuestos (ladrillos, ticholos, bloques de concreto, baldosas) entre sí o con una base y también realizar revoques. Frecuentemente utilizamos un conjunto de materiales que se incorporan a los morteros para modificar o mejorar ciertas propiedades, llamados aditivos. Resumiéndolo en la tabla siguiente:

Tabla N° 05. Componentes y fases del mortero

	Fases	Componentes
Mortero	Pasta	Aglomerante
		Agua
		Aditivos y adiciones activas
	Agregado Fino	Arena
	Aire	Aire incorporado naturalmente
		Aire incorporado intencionalmente

2.2.2. Características del mortero

2.2.2.1. Plasticidad: Propiedad del mortero fresco, de la que depende la mayor o menor aptitud para poder tenderlos y rellenar completamente las juntas. De la plasticidad depende lograr buena unión entre los elementos constructivos, cuando colocamos mampuestos, así como para disminuir la penetración de agua en los cerramientos terminados. La determinación de la plasticidad se puede considerar haciendo medidas de consistencia en cono de Abrams y limitando el contenido de finos. Consistencia media de 17 a 18 cm. y un contenido de finos < 15% en peso, o 10% si se usan plastificantes. (Referencia de la norma española NBE FL 90).

2.2.2.2. Adherencia: La adherencia puede entenderse debida a la penetración de la pasta del mortero en el elemento de albañilería - mampuesto, sustrato - provocada por la succión capilar que este ejerce. Le proporciona la capacidad de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interfase mortero / elemento de albañilería. Los mecanismos de la adherencia actúan en las fases del mortero fresco y del mortero endurecido, tienen que

ver con la reología de la pasta en la etapa fresco. Influye la naturaleza de la base: porosidad, rugosidad y existe una relación directa entre la resistencia a la compresión del cerramiento y la adherencia del mortero endurecido. En el resultado final intervienen factores internos: composición del mortero y afinidad con la base y externos: curados y condiciones de humedad de las bases, espesores de las juntas.

2.2.3. Propiedades mecánicas de los morteros

Los morteros empleados en la unión de piezas de mampostería, resultan de la mezcla de arena y agua con un material cementante (cemento, cal, y cemento de albañilería). Las propiedades del mortero que más influyen en el comportamiento estructural de los elementos de mampostería, son deformabilidad y adherencia con las piezas; así mismo, de la deformabilidad depende en gran medida las deformaciones totales del elemento y en parte su resistencia a carga vertical.

2.2.3.1 Propiedades en estado plástico

Cuando los morteros se encuentran en estado manipulable, estos presentan ciertas características que definen su comportamiento e influyen en cómo reaccionará en estado endurecido.

2.2.3.1.1 Trabajabilidad

Mide la facilidad de colocación de mezcla en las unidades de mampostería o en revestimientos, está relacionada con la consistencia, la cual se refiere al estado de fluidez del mortero, es decir, qué tan dura (seca) o blanda (fluida) es la mezcla cuando se encuentra en estado plástico. En general, se acepta como medida de la trabajabilidad, la característica de fluidez de la mezcla medida en la prueba de laboratorio ASTM C 230-03 Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement” (Especificación estándar de la mesa de flujo para el uso en ensayos de cemento hidráulico); mientras que la prueba en campo se realiza según la norma ASTM C 333.

2.2.3.1.2 Retención de agua

Es la habilidad o capacidad del mortero de mantener su plasticidad al quedar en contacto con la superficie absorbente, en el caso de la pieza de mampostería. Esta propiedad puede ser mejorada con la adición de cal, mayor contenido de finos, aditivos plastificantes, incorporadores de aire. La retención de agua incide en la velocidad de endurecimiento y resistencia final a compresión.

2.2.3.1.3 Velocidad de endurecimiento

Los tiempos de fraguado inicial y final del cemento de la mezcla, deben estar entre límites adecuados. Sin embargo, éstos dependen de diversos factores tales como: las condiciones del clima, la composición de la mezcla o la mano de obra y hoy en día son fácilmente controlables con el uso de aditivos.

2.2.3.1.4 Contenido de aire

El aire incluido en un mortero, puede producirse por efectos mecánicos o por medio de la aplicación de aditivos incorporadores de aire. A medida que aumenta el contenido en aire (12-18%, según ASTM C-270), mejora la trabajabilidad y la resistencia a los ciclos hielo – deshielo; de forma contraria, disminuye la resistencia mecánica, la adherencia y la impermeabilidad. Existen varios antecedentes para probar que la adherencia disminuye cuando aumenta el contenido de aire.

2.2.3.1.5 Masa unitaria

Por lo general la densidad o masa unitaria de un material es un indicador de la resistencia del mismo, si se tiene un mortero muy denso es probable que su resistencia sea alta; siendo lo contrario para morteros menos densos. El término densidad significa la relación existente entre la masa de una cantidad dada de mortero y el volumen absoluto que ocupa dicha masa, este es un parámetro fundamental para obtener el contenido de aire atrapado en el mortero. En la tabla n° 06, se muestra la clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria.

Tabla N°06. Clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria (*Arriola D.J. ,2009*)

Tipo De Mortero	Masa Unitaria (Kg/m ³)
Liviano	1400 – 1600
Mediano	1600 – 1850
Pesado	1850 - 2200

2.2.3.2 Propiedades en estado endurecido

2.2.3.2.1 Retracción

Se debe principalmente a reacciones químicas de hidratación de la pasta, sobre todo en pastas con una alta relación agua-cemento. El agregado soluciona el problema en parte, especialmente si es de textura rugosa, ya que forma un esqueleto que evita los cambios de volumen y el peligro de agrietamiento. En zonas calurosas y de muchos vientos, el agua de mezclado tiende a evaporarse produciendo tensiones internas en el mortero, que se expresan en la formación de visibles grietas. Lo mismo ocurre si la base es muy

absorbente. Aparentemente la retracción es proporcional al espesor de la capa de mortero y a la composición química del cemento. Para evitar la retracción es conveniente usar cementos de baja retracción al secado (puzolánicos o con adición inerte) y agregados de buena granulometría con pocos finos.

2.2.3.2.2 Adherencia

La propiedad más importante del mortero, es su habilidad para adherirse a las piezas de mampostería o de acero. En general, la adherencia es la capacidad que tiene el mortero de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que lo une con la estructura. Es de gran importancia, ya que a ella se debe el hecho de que un mortero pueda resistir pandeo, cargas transversales y excéntricas, dándole resistencia a la estructura. La adherencia afecta en gran forma la permeabilidad y la resistencia a la flexión. En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie del bloque sea tan rugosa como sea posible, para permitir la unión mecánica del mortero, así como un porcentaje de absorción proporcional a la retención de agua del mortero. Los morteros plásticos, de buena adherencia, buena capacidad de retención de agua y que no requieran de superficies húmedas para su colocación, son los más adaptables y de mayor utilización en mampostería ya que permiten una íntima unión entre las piezas.

2.2.3.2.3 Durabilidad

La durabilidad del mortero es la resistencia a los agentes externos tales como: las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. En general, se cree que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad; sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y en general en condiciones de ambiente agresivo.

2.2.3.2.4 Permeabilidad

La permeabilidad es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes, pueden hacer que la mampostería sea más resistente a la permeabilidad de agua. Cuando un mortero no es trabajable, el albañil debe golpear suavemente las piezas de mampostería para colocarlas en su sitio. El resultado de esto, es que la junta de mortero no es tan buena, y se pueden producir grietas que favorezcan alguna filtración.

2.2.3.2.5 Apariencia

Un aspecto que tiene importancia en el mortero es su apariencia, especialmente en mampostería de bloques a la vista. En este caso, la plasticidad de la mezcla, la selección y dosificación adecuada de sus componentes, son de vital importancia en la colocación y el acabado de superficies. El color y la textura pueden mejorarse con colorantes inorgánicos o con aditivos especiales.

2.2.3.2.6 Absorción

La Absorción se define como el incremento de peso de un árido poroso seco, hasta lograr su condición de saturación con la superficie seca, debido a la penetración de agua a sus poros permeables. La absorción es el valor de la humedad del agregado, cuando tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca. En esta condición se hacen los cálculos de dosificación para elaborar el concreto.

2.2.3.2.7 Resistencia a la compresión

Una vez aplicado en obra, el mortero debe actuar como unión resistente. Se requiere una alta resistencia a la compresión cuando el mortero deba soportar cargas altas y sucesivas. Siendo éstas un indicio de las resistencias a tensiones de corte y a tensiones de tracción. Hay dos leyes fundamentales que se aplican a la resistencia de un mortero compuesto del mismo cemento con diferentes proporciones y tamaños de agregado, la primera dice: “con un mismo agregado, el mortero más resistente e impermeable es aquel que tiene mayor porcentaje de cemento en un volumen dado de mortero”; y la segunda: “con el mismo porcentaje de cemento en volumen de mortero, el más resistente y generalmente más impermeable es aquel que tenga la mayor densidad, o sea aquel que en una unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos”.
(Arriola D. J., 2009)

2.2.3.2.8 Absorción por succión capilar de los morteros

Según Fernández Luco (2006), se sostiene que la porosidad es un parámetro condicionante de primer orden para asegurar la durabilidad del mortero, y esta relación se refleja en prácticamente todos los reglamentos y códigos. Para profundizar en esta dependencia no basta con considerar la presencia de poros en la masa, hay que analizar también su distribución geométrica y espacial y los mecanismos de transporte de fluidos dentro del concreto. Los fenómenos capilares influyen en los mecanismos de transporte de líquidos en el concreto, dadas las características de su sistema de poros, que puede asimilarse a un conjunto de tubos cilíndricos paralelos y de muy pequeño espesor. La

absorción capilar es el mecanismo de transferencia de líquidos más rápido, está directamente relacionada con la durabilidad del mortero.

Según E.F. Irassar (2001) en su libro “Durabilidad del Hormigón Estructural”, además del contenido inicial de humedad y de su uniformidad, cuando el transporte de líquidos en sólidos porosos se debe a la tensión superficial que actúa en los capilares, el transporte del líquido está influenciado por las características del líquido (viscosidad, densidad, tensión superficial), por las características del sólido poroso (estructura de poros y energía superficial), tiempo y condiciones de curado, características de las mezclas y temperatura.

2.2.3.2.9 Absorción capilar-durabilidad

Según A. N. Castiarena (1994) en su libro “Curso de Tecnología del Concreto” la durabilidad es la capacidad de la mezcla ya endurecida de soportar sin deteriorarse, las sollicitaciones provocadas por agentes físicos y químicos, que pueden agredir a la estructura del mortero, no sólo en su superficie, sino también en el interior de su masa. La posibilidad de que el ataque se produzca en su interior, se debe a la existencia de los canales capilares, que se forman como consecuencia del fenómeno de exudación. En los casos en que el concreto deba estar en contacto con líquidos, los mismos pueden introducirse en el interior de la masa del mortero, utilizando a ese efecto, las vías de acceso que les ofrecen los canales capilares, una vez en el interior, esos líquidos pueden actuar agresivamente sobre el concreto, de una u otra de las formas siguientes: Poniendo en contacto sustancias químicas en solución en el agua, que puedan reaccionar con compuestos hidratados del cemento y den como resultado sustancias solubles que siguen el camino inverso, restando cohesión a la pasta cementicia (lixiviación de la cal por aguas ácidas, puras o carbónicas agresivas).

2.2.3.2.10 Porosidad de mortero

Los morteros porosos son morteros más blandos y con poros o capilares más grandes o abiertos que los morteros comunes, la mayoría de los morteros porosos son de cal hidráulica, aunque también pueden ser de cemento Portland, los de cemento Portland para ser porosos deben tener una relación diferente, por ejemplo 1 de cemento: 9 de arena podría calificarse como poroso.

Los morteros porosos tienen buena capacidad de evaporación debido al tamaño de sus poros, son ideales para usos en edificios históricos, sobre todo los de cal hidráulica.

Su principal característica, la transpirabilidad, los hace idóneos para ser usados en paredes con problemas de humedad, en especial humedad de capilaridad, aunque cuando se trata de una humedad de capilaridad, para una solución definitiva es

fundamental, descubrir las causas y frenar el ascenso de la humedad, pero en caso de no poder atacar la causa, y cuando se ataca la causa para ayudar a la pronta evaporación de la humedad, se recomienda usar un mortero poroso, ya que hará más rápida la evaporación de la humedad.

Los morteros porosos pueden ser fabricados en obra o comprados de fábrica, varias marcas comerciales distribuyen actualmente morteros porosos. Recomendaciones: seguir las instrucciones del fabricante, cuando se usen morteros con base en cal hidráulica utilizar sólo pinturas al silicato o similares. Al mortero poroso también se le llama “mortero deshumidificante”.

2.2.3.2.11 Eflorescencia

La eflorescencia es la pérdida de agua (o un disolvente), por la cristalización a la atmósfera de una sal hidratada o solvatada en exposición al aire; la eflorescencia en el concreto es un fenómeno muy común, pero de los menos comprendidos. Es un residuo de sales con textura polvosa de color blanco tiza y se puede formar en la superficie de cualquier producto que contenga cemento, sin importar el color de éste. Este fenómeno ocurre cuando la humedad disuelve las sales de calcio en el concreto y migra a la superficie a través de la acción capilar. Cuando estas sales llegan a la superficie, reaccionan con el CO₂ en el aire y al evaporarse dejan un depósito mineral que es de carbonato de calcio. Este residuo de sal blanca puede aparecer en pocas o muchas cantidades, también puede formarse tanto de manera lenta como muy rápida; depende de la cantidad de humedad a la que se somete el concreto y del calcio libre presente en éste. La eflorescencia puede ser inducida por la lluvia, agua estancada, aspersores, bajas temperaturas, condensación, rocío, el agua que se añade a la superficie del concreto fresco para facilitar el acabado con llana o palustra, en fin, cualquier humedad sobre la superficie, porque el agua provoca la reacción para producir la eflorescencia. La eflorescencia no causa problemas estructurales, pero puede ser estéticamente objetable sobre todo en los concretos decorativos. Este fenómeno no es tan evidente en los concretos ordinarios, cementos blancos o grises y puede pasar sin notarse. Pero en los concretos de otros colores, una poca eflorescencia, puede ser la peor pesadilla para el contratista y propietario de la superficie. En los concretos de colores oscuros, el depósito de estas sales, puede tener el efecto de aclarar su tono o decolorarla, en los concretos de color rojo, la eflorescencia lo hace ver de color rosado, los de colores canela y negro se pueden ver como grises o incluso blancos. La buena noticia es que este fenómeno desaparece con el tiempo por su propia cuenta, cuando el calcio libre se agote dentro del concreto y la mala noticia es que esto puede llegar a tardar hasta 15 años y seguramente el propietario no querrá esperar este tiempo.

La evaluación del grado de eflorescencia de cada ladrillo de la muestra se realizará por comparación con el ladrillo patrón. La calificación individual de cada ladrillo en cuanto a su capacidad de eflorescer, será una de las siguientes: No eflorecido, ligeramente eflorecido, eflorecido, muy eflorecido.

Ya que con la medida de eflorescencia evaluamos el impacto visual que dicho efecto produce en la cara vista del ladrillo, los factores a considerar son los siguientes:

A) En función Intensidad de la eflorescencia: Se distinguen las siguientes clases:

- **Velo fino:** Se define como una capa de eflorescencia muy fina y semitransparente solo discernible por comparación con el ladrillo patrón.
- **Velo grueso:** Es una capa de eflorescencia fina con cierta transparencia.
- **Mancha:** Es una capa de eflorescencia de espesor variable y opaca.

B) En función a la superficie afectada: Se establece 4 intervalos de tanto por ciento sobre el total de superficie de cara vista, siendo estos los siguientes: del 0% al 5%, más del 5%, hasta el 25% y más del 25%. Pero se puede dividir en 3 intervalos: menor al 5%, del 5% al 25%, más del 25%.

2.2.3.2.11.1) Causas de la eflorescencia

Las eflorescencias son cristales de sales de color blanco que se depositan en superficies (ladrillos, cerámica, concreto, etc.) que han tenido humedad. Este fenómeno se puede producir cuando los materiales de los muros, revestimientos o pavimentos son porosos y contienen sales solubles. También pueden aparecer en superficies que sufren infiltraciones de agua o humedad por capilaridad, o con problemas de condensación.

A grandes rasgos, se puede hablar de dos tipos de eflorescencias. La primaria, que se forma en las obras recién terminadas y que desaparece pasados varios meses; y la secundaria, más difícil de eliminar, y que tiene su origen en la porosidad de los materiales utilizados durante la construcción de la vivienda, y en humedades permanentes.

2.2.3.2.11.2) Origen de las sales

- Los morteros y sus agregados son la principal fuente de sales y causa de la aparición de la mayoría de las eflorescencias.

- El terreno puede contener sales, el contacto directo entre el terreno y el muro o el suelo sumado a la humedad del mismo, es otra de las causas frecuentes de eflorescencias.
- Los ladrillos, baldosas y tejas pueden llegar a contener algunas sales. Debido a la composición química de las materias primas utilizadas en su proceso de manufactura y a las altas temperaturas utilizadas, es raro que éstas sean fuentes de eflorescencias. Sin embargo, como el lugar donde aparecen las manchas es en la superficie de los ladrillos, pisos o tejas, es común que erróneamente se culpe a estos materiales de ser la causa de las eflorescencias.

2.2.4) Clasificación de morteros

Los morteros se pueden clasificar de acuerdo a diferentes parámetros:

2.2.4.1. Según la forma como endurecen

- **Morteros Aéreos:** Son aquellos morteros que por naturaleza del aglomerante, yeso o cal, tan sólo puede fraguar en el aire, este tipo de mortero no tiene resistencia al agua.
- **Morteros Hidráulicos:** Son los obtenidos con cales hidráulicas o cementos, siendo su característica la de poder fraguar tanto en el aire como en el agua.

2.2.4.2. Según los materiales que lo componen

- **Mortero calcáreo:** Son morteros compuestos por cal, la cual actúa como plastificante y ligador. Es el mortero más manejable, pero ésta ventaja se contrarresta con su baja resistencia, debida a su baja velocidad de endurecimiento; la arena actúa evitando agrietamientos y contracciones. Los porcentajes más usados de cal/arena son (33.3%,66.7%) en pañetes, (25%, 75%) y (20%, 80%) en mampostería simple.
- **Mortero de cal y cemento Portland:** Como su nombre lo indica, son morteros que contienen cemento, cal, arena; ésta combinación ofrece al mortero buena retención de agua, altas resistencias iniciales, trabajabilidad, utilizando como base los porcentajes de (11%, 22%, 67%) hasta (8%, 15%, 77%) para la relación cemento/cal/arena; donde el contenido de agua depende de la consistencia deseada y composición del mortero.
 - ✓ A > cantidad de cemento, > resistencia.
 - ✓ A > cantidad de cal, < resistencia, > contracción.
 - ✓ A > cantidad de arena, < resistencia, < contracción.

Estos morteros deben combinarse tratando de aprovechar las propiedades adhesivas de la cal y las propiedades cohesivas del cemento, teniendo en cuenta que a mayor cantidad de cal, mayor será la cantidad de agua de mezcla.

- **Mortero de yeso:** Son aquellos cuyo aglutinante es el yeso. (*German A. Rey.,2011*)

2.2.4.3. Según su utilización

- **Mortero de relleno:** En base a la norma ASTM C 476, son morteros que consisten en una mezcla fluida de concreto, que se deposita en el interior de los muros con el propósito de aumentar la sección neta resistente del muro y servir de unión entre la mampostería y el refuerzo utilizado; siendo los siguientes: relleno fino y relleno grueso.

2.2.4.4. Según el agregado que se utilice en la mezcla

Está el mortero de relleno fino y el mortero de relleno grueso, que utiliza agregados con un tamaño nominal hasta de 12.7mm.

- **Mortero de pega:** En base a la norma ASTM C 1142. Los morteros de pega deben tener buena plasticidad, consistencia y, ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento y, además, garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante, tenemos a: mampostería reforzada (PM,PL) y mampostería simple (M,S,N,O,K).

2.2.4.5. Según sus propiedades mecánicas y por dosificación

Se estiman cinco tipos de mortero de pega para mampostería simple y dos para mampostería reforzada.

2.2.5 Clasificación de los morteros, según norma ASTM C-270

La norma ASTM C-270 (Standard Specification for Masonry Mortar), clasifica a los morteros de acuerdo a cuatro tipos, cuyo nombre se deriva de las palabras inglesas "Mason Work", designándolos como M, S, N, O y K. El tipo K se eliminó, dejando los tipos M, S, N y O solamente. Estos pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero no por ambos. La especificación por proporción rige siempre que se hace referencia a la norma ASTM C-270 y no se menciona un método específico. La clasificación del tipo de mortero bajo la especificación de propiedades, depende de la resistencia a la compresión, la retención de agua y el contenido de aire. Estos requisitos son para especímenes de laboratorio solamente y no para morteros mezclados en obra. Las proporciones de cemento, cal y arena

establecidas en el laboratorio para cumplir la norma ASTM C-270 deben ser empleadas al mezclar el mortero en obra. Se asume que las proporciones establecidas en el laboratorio darán un comportamiento satisfactorio en obra. (Arriola D. J., 2009)

No existe un solo tipo de mortero que sea aplicable con éxito a todo trabajo. El variar las proporciones mejora algunas propiedades a expensas de otras. El ingeniero o arquitecto deberá especificar el mortero que mejor se ajuste a los requisitos de la obra, una regla práctica es usar el mortero con la resistencia más baja que se ajuste a los requisitos del trabajo, hay un tipo óptimo para cada aplicación o uso.

- El tipo **M**, es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros, se utiliza en mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes cargas de compresión, acción severa de congelación, altas cargas laterales de adobe, vientos fuertes o temblores. Debido a su durabilidad superior, el tipo M debe usarse en estructuras en contacto con el suelo tales como cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de agua servidas y pozos.
- El tipo **S**, alcanza alta resistencia de adherencia, la más alta que un mortero puede alcanzar; se utiliza para estructuras sujetas a cargas compresivas normales, que a la vez requieren alta resistencia de adherencia, también se utiliza donde el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos o para pegar baldosas de barro cocido.
- El tipo **N**, es un mortero de propósito general, utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Es bueno para paredes internas y divisiones. Este mortero de mediana resistencia representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía.
- El tipo **O**, es un mortero de baja resistencia y mucha cal, se debe utilizar en paredes, divisiones sin carga, y para el revestimiento exterior que no se congela cuando está húmedo. El mortero tipo O se usa a menudo en residencias de uno y dos pisos. Es el favorito de los albañiles porque tiene excelente trabajabilidad y bajo costo. (Arriola D. J., 2009)

2.2.6 Componentes del Mortero

2.2.6.1 Cemento Portland

Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda.

2.2.6.1.1 Tipos de Cemento Portland

- **Tipo I:** Normal, es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifique la utilización de otro tipo. (Edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales) Libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento.
- **Tipo II:** De moderada resistencia a los sulfatos, es el cemento Portland destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación, cuando así sea especificado. (Puentes, tuberías de concreto).
- Entre otros tipos, también hay: tipo III, IV y V: Los cuales no son de una alta demanda, por lo que no son mayormente comercializables en el Perú.

Tabla N° 07. Compuestos principales en el cemento Portland

Compuesto	Fórmula	Notación	Porcentaje (%)
Silicato tricálcico (Alita)	$3\text{CaO} \cdot \text{Si}_2\text{O}_2$	C_3S	30-50
Silicato dicálcico (Belita)	$2\text{CaO} \cdot \text{Si}_2\text{O}_2$	C_2S	15-30
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	4-12
Ferro aluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	8-13
Cal Libre	CaO		
Magnesia Libre (Periclasa)	MgO		

2.2.6.1.2 Cemento Pacasmayo Tipo I Mejorado (Cemento Portland Compuesto Tipo ICO):

Cemento fabricado por la cementera “Cementos Pacasmayo S.A.A”

Es un cemento de uso general en la construcción: Brinda características y propiedades únicas para el uso en obras de concreto estructural, edificios, industria, minería, infraestructura vial, construcción de viviendas, y cualquier uso o elementos de concreto. Para emplearse en obras que no requieren propiedades especiales. Recomendado para columnas, vigas, losas, cimentaciones y otras obras que no se encuentren en ambientes húmedos-salinosos. El cemento Portland Compuesto ICO cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150. El cemento Portland Compuesto ICO es obtenido por la pulverización conjunta del clinker Portland, materiales calizos y/o inertes, hasta un máximo de 30%.

Propiedades

- Moderado calor de hidratación
- Mejor trabajabilidad

Aplicaciones

- Obras de concreto y de concreto armado en general
- Morteros en general
- Pavimentos y cimentaciones
- Estructuras de concreto masivo

2.2.6.1.2.1 Hidratación, Fraguado y Endurecido de las Pastas Cementantes

La calidad de unión (adhesión) de la pasta de cemento Portland se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua, conocidas como hidratación. El cemento Portland no es un compuesto químico sencillo, es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos totalizan 90% o más del peso del cemento Portland: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico (aluminio ferrito tetracálcico). Además de estos compuestos principales, muchos otros desempeñan un papel importante en el proceso de hidratación. Cada tipo de cemento Portland contiene los mismos cuatro compuestos principales, pero en proporciones diferentes. Cuando se examina el clinker (el producto del horno que se muele para fabricar el cemento Portland) al microscopio, la mayoría de sus compuestos individuales se pueden identificar y sus cantidades se pueden determinar. Sin embargo, los granos más pequeños no se pueden detectar visualmente. El promedio del diámetro de las partículas de un cemento típico es aproximadamente 15 micrómetros. Si todas las partículas tuviesen ese diámetro promedio, el cemento Portland contendría aproximadamente 300 billones de partículas por kilogramo, pero en realidad existen unos 16,000 billones de partículas por kilogramo, debido a la amplia variación del tamaño de las partículas. Las partículas en un kilogramo de cemento Portland tienen un área superficial de aproximadamente 400 metros cuadrados. Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen 75% del peso del cemento Portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio (hidrato de silicato de calcio). Este último es, sin duda, el más importante compuesto del concreto. Las propiedades de ingeniería del concreto, fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional, dependen principalmente del silicato de calcio hidrato. Este es el corazón del concreto.

La composición química del silicato de calcio hidrato es un tanto variable, pero contiene cal (CaO) y dióxido de silicio (SiO₂) en una proporción de 3 para 2. El área superficial del silicato de calcio hidrato es unos 300 metros cuadrados por gramo. En pastas endurecidas de cemento, el silicato de calcio hidratado forma un vínculo denso entre las otras fases cristalinas y los granos de cemento aún no hidratados, también se adhiere a los granos de arena y a los agregados gruesos, cementándolo todo junto (Copéland y Schulz, 1962). Mientras el concreto se endurece, su volumen bruto permanece casi

inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, los cuales no tienen resistencia. La resistencia está en las partes sólidas de la pasta, sobre todo en el silicato de calcio hidrato y en los compuestos cristalinos. Cuanto menos porosa es la pasta de cemento, más resistente es el concreto. Por lo tanto, al mezclarse el concreto, no se debe usar más agua que aquella estrictamente necesaria para obtenerse un concreto plástico y trabajable. Incluso, la cantidad de agua usada es normalmente mayor que la necesaria para la hidratación completa del cemento. Aproximadamente se necesitan 0.4 gramos de agua por gramo de cemento para la hidratación completa del cemento (Powers 1948 y 1949). Sin embargo, la hidratación completa es rara en los concretos de las obras, debido a una falta de humedad y al largo periodo de tiempo (décadas) que se requiere para obtener la hidratación total.

2.2.6.2) Agregados

Según su tamaño, los agregados son clasificados en:

- Agregados finos (arenas)
- Agregados gruesos (piedras).

2.2.6.2.1 Agregado Fino

El tamiz que separa un agregado grueso de uno fino es el de 4,75 mm. Es decir, todo agregado menor a 4,75 mm es un agregado fino (arena). La arena o árido fino es el material que resulta de la desintegración natural del SiO_2 , se obtiene de la trituración de las mismas, y cuyo tamaño es inferior a los 5mm. Para su uso, se clasifican las arenas por su tamaño. A tal fin se les hace pasar por unos tamices que van reteniendo los granos más gruesos y dejan pasar los más finos.

2.2.6.2.2 Características

El componente más común de la arena, en tierra continental y en las costas no tropicales, es la sílice, generalmente en forma de cuarzo. Sin embargo, la composición varía de acuerdo a los recursos y condiciones locales de la roca.

2.2.6.2.3 Clasificación (según el tamaño del grano)

- **Arena fina:** Es la que sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1mm de diámetro y son detenidos por otro de 0.25mm.
- **Arena media:** Es aquella cuyos granos pasan por un tamiz de 2.5mm de diámetro y son retenidos por otro de 1mm.
- **Arena gruesa:** Es la que sus granos pasan por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm.

2.2.6.2.4 Propiedades

2.2.6.2.4.1 Plasticidad: Se entiende comúnmente por plasticidad de las arenas, a la aptitud de éstas para reproducir los detalles de los moldeos.

2.2.6.2.4.2 La refractariedad: Es la cualidad que presenta la arena de resistir más o menos bien las temperaturas elevadas de los metales colados. Es conveniente que la arena conserve una refractariedad suficiente. La refractariedad de una arena se determina por la temperatura, se puede someter sin presentarse signos de fusión.

2.2.6.2.4.3 La Cohesión: La cohesión de una arena es consecuencia directa de la acción del aglutinante y depende de la naturaleza y contenido de este último y del porcentaje de humedad. La cohesión depende del porcentaje de arcilla que contenga la arena, que conjuntamente con el agua, es la que sirve de ligamento entre los granos y da resistencia mecánica al conjunto. Pero no basta que la arena tenga arcilla suficiente, sino que esta debe rodear los granos de sílice uniformemente. Se puede apreciar la relación entre la resistencia mecánica de la arena y su porcentaje de humedad.

2.2.6.2.4.4 Módulo de Finura: Se denomina módulo de finura de las arenas, a un parámetro que se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados en los cedazos de la serie normalizada (4 al 100) y dividiéndola entre 100, este valor es en cierto modo representativo de la finura de la arena; se considera que el módulo de finura adecuado de una arena para producir concretos dentro de una granulometría aceptable, debe estar entre 2.3 y 3.1; donde un valor menor de 2 indica arena fina; 2.5 indica arena media y mayor a 3.0 indica arena gruesa.

2.2.6.2.4.5 La Permeabilidad: Se denomina permeabilidad de las arenas de moldeo, a la facilidad que ofrecen para dejarse atravesar por el aire y los gases que se desprenden al realizar la colada que procede. La permeabilidad depende fundamentalmente del cuadro de características de la arena:

- ✓ De su granulometría, cuanto menor sea la permeabilidad, más finos serán los granos.
- ✓ De la forma de los granos. Los granos redondeados dan mejor permeabilidad que los angulosos.
- ✓ La forma de los granos influye, por regla general, de manera opcional a lo que podría creerse: una arena de granos redondos tiene, teóricamente un número de huecos mayor que otra de granos angulosos, la segunda es más permeable por que los granos angulosos se comprimen unos contra otros menos apretadamente que los granos redondos.

- ✓ De su contenido de arcilla. Cuanto mayor sea, más acoplados y soldados quedarán un grano con otro y menos será la permeabilidad.

2.2.6.2.5 Análisis Granulométrico

La granulometría de una base de agregados, se define como la distribución del tamaño de sus partículas. Esta granulometría se determinará haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor. La denominación en unidades inglesas (tamices ASTM) se hará según el tamaño de la abertura en pulgadas para los tamaños grandes y el número de aberturas por pulgada lineal para los tamaños menores de una pulgada. La serie de tamices utilizados para agregado grueso son 3", 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", # 4 y para agregado fino son # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100. La serie de tamices que se emplean para clasificar agrupados para concreto se ha establecido de manera que la abertura de cualquier tamiz sea aproximadamente la mitad de la abertura del tamiz inmediatamente superior, que cumplan con la relación 1 a 2.

El tamizado a mano se hace de tal manera que el material se mantenga en movimiento circular con una mano mientras se golpea con la otra, pero en ningún caso se debe inducir con la mano el paso de una partícula a través del tamiz; recomendando la utilización del equipo tamizador.

Los resultados de un análisis granulométrico también se pueden representar en forma gráfica y en tal caso se llaman curvas granulométricas. Estas gráficas se representan por medio de dos ejes perpendiculares entre sí, horizontal y vertical, en donde las ordenadas representan el porcentaje que pasa y en el eje de las abscisas la abertura del tamiz cuya escala puede ser aritmética, logarítmica o en algunos casos mixtos. Las curvas granulométricas permiten visualizar mejor la distribución de tamaños dentro de una masa de agregados y permite conocer además qué tan grueso o fino es. En consecuencia, hay factores que se derivan de un análisis granulométrico como son:

2.2.6.2.6 Módulo de Finura (MF)

El módulo de finura es un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos, acumulados de la serie de tamices especificados, que cumplan con la relación 1:2 desde el tamiz # 100 en adelante, hasta el tamaño máximo presente y dividido entre 100, para este cálculo no se incluyen los tamices de 1" y ½".

Se considera que el MF de una arena adecuada para producir concreto, debe estar entre 2,3 y 3,1 o, donde un valor menor que 2,0 indica una arena fina, 2,5 una arena de finura media y más de 3,0 una arena gruesa.

2.2.6.2.7 Humedad en los Agregados

Debe controlarse el grado de humedad de los áridos que van a emplearse en la fabricación del mortero, dado que el contenido de humedad existente en estos componentes puede alterar la relación agua/cemento prevista. La granulometría idónea de un mortero depende de las exigencias que vayamos a requerir y de su aplicación específica. Obtenerla requiere, como hemos visto, precisión y control al suministrador lo que no siempre es fácil de aplicar en obra. Los morteros secos, por su control en la recepción de componentes, vigilan el cumplimiento de las granulometrías exigidas y optimizan las composiciones granulométricas en función de los requisitos demandados en un proyecto, asegurando las prestaciones finales y mejorando la calidad de los resultados. Existen un conjunto de propiedades químicas de los áridos que deben ser controladas en la fabricación del mortero. El contenido en cloruros, sulfatos o posibles reacciones álcali-árido pueden degradar la calidad final del material.

2.2.6.2.8 Peso Específico

Es la relación entre el peso y el volumen del material sólido. Para determinar el peso específico o densidad se debe tomar el agregado en estado saturado y superficie seca. Los pesos específicos de muchos de los agregados de origen natural rondan alrededor de $2,65 \text{ gr/cm}^3$, tal como en los agregados silíceos, calcáreos y granitos, con las excepciones del basalto que está en $2,90 \text{ gr/cm}^3$, areniscas en $2,55 \text{ gr/cm}^3$ y la cuarcítica en $2,50 \text{ gr/cm}^3$. Hay agregados pesados como la piedra partida de roca de hematita que anda en $4,25 \text{ gr/cm}^3$.

2.2.6.2.9 Absorción

La Absorción se define como el incremento de peso de un árido poroso seco, hasta lograr su condición de saturación con la superficie seca, debido a la penetración de agua a sus poros permeables. La absorción es el valor de la humedad del agregado cuando tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca. En esta condición se hacen los cálculos de dosificación para elaborar morteros y concreto. Sin embargo, el agregado en los acopios puede tener cualquier contenido de humedad (estados 2 a 4). Si la humedad del agregado es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al concreto para compensar la que absorberán los agregados. Por el contrario, si la humedad supera a la absorción, habrá que disminuir la cantidad de agua que se pondrá a la mezcla ya que los agregados estarán aportando agua. El valor de la

absorción es un concepto necesario para el ingeniero en obra, en el cálculo de la relación agua sobre cemento de la mezcla de concreto, pero, en algunos casos, puede ser que también refleje una estructura porosa que afecte la resistencia a la congelación y deshielo del concreto. No se suelen fijar límites de aceptación para la absorción debido a que ésta no sólo depende de la porosidad de la roca, sino también de otros aspectos tales como la distribución granulométrica, contenido de finos, tamaño máximo de los agregados, forma de las partículas. Sin embargo, se puede considerar como rocas de buena calidad aquellas que presentan una absorción menor a 3% para agregado grueso, y menores a 5% para el caso de agregado fino. La absorción de un agregado grueso se expresa arbitrariamente en términos del agua que entra en los poros o capilares durante un periodo de remojo de 24 h.

Las absorciones en los agregados finos de origen natural rondan entre 0,8 y 1,3%, los agregados finos de trituración andan en 0,9%, los agregados gruesos como el canto rodado andan en 0,2% y en los agregados gruesos de piedra partida andan en 0,8% para los graníticos, 1,8% para los cuarcíticos y 1,6% para los basálticos.

La absorción de los agregados de origen artificial suele ser muy elevada, como en el caso de las escorias o de las arcillas expandidas que rondan el 15%.

2.2.6.2.10 Peso Unitario

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total, incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre las partículas, el resultado está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que se convierte en un parámetro hasta un cierto punto relativo. El peso unitario es el peso de la unidad de volumen de material a granel en las condiciones de compactación y humedad en que se efectúa el ensayo, expresado en (kg/m^3). Aunque puede realizarse el ensayo sobre agregado fino y agregado grueso; el valor que es empleado en la práctica como parámetro para la clasificación de concreto, es el peso unitario compactado del agregado grueso.

2.2.6.2.10.1) Peso Unitario Seco Suelto (PUSS)

Se denomina PUSS cuando para determinarlo se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras una carilla. El concepto PUSS es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados, debido a que estos se hacen en estado suelto. Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen, es decir para conocer el consumo de áridos por metro cúbico de concreto.

2.2.6.2.10.2) Peso Unitario Seco Compacto (PUSC)

Se denomina PUSC cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria. El PUSC es importante desde el punto de vista del diseño de mezclas ya que con él se determina el volumen absoluto de los agregados, por cuanto estos van a estar sometidos a una compactación durante el proceso de colocación del concreto. Este valor se usará para conocer el asentamiento provocado por él, o por la acción del tiempo. También el valor de peso unitario compactado, es de una utilidad extraordinaria para el cálculo del porcentaje de vacíos de los materiales.

2.2.6.2.11 Caracterización Físicoquímica: Sales, Conductividad, Sólidos Totales Suspendidos, Temperatura

2.2.6.2.11.1 Salinización (dS/m-25°C) o (mmhos/cm)

A través de la conductividad eléctrica se determina la concentración de sales solubles en disolución en el suelo. Se basa en la velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, la cual es proporcional a la concentración de sales en disolución. Se expresaba en mmhos/cm o deciSiemens/metro (dS/m). La conductividad eléctrica varía con la movilidad de los iones y por tanto con la temperatura, mide a una temperatura fija de 25°C. En general, se considera que un suelo es salino si presenta una conductividad mayor de 16 dS/m, siempre que el pH sea mayor de 8,5. Con una conductividad de 8 dS/m ya se considera un suelo con propiedades salinas. Las sales predominantes en los agregados son Calcio (Ca) y Sodio (Na) y se las clasifica en la tabla siguiente:

Tabla N° 08. Clasificación de la salinidad según su conductividad.
(Miliarium.com/prontuario/Suelos/SalinizacionSuelos.htm)

CE (dS/m-25°C)	Suelos	Afectan
0-2	Normales	-
2-4	Ligeramente salinos	Cultivos muy sensibles
4-8	Salinos	La mayoría de los cultivos
8-16	Fuertemente salinos	Solo se obtiene rendimiento en los cultivos tolerantes
>16	Extremadamente salinos	Muy pocos cultivos dan rendimientos aceptables

Tabla Nº 09. Parámetros de clasificación salino y sódico (madrimasd.org/blogs/universo)

Parámetros	Suelo salino	Suelo sódico	Suelo salino sódico
pH	Menor 8,5	Mayor 8,5	Mayor 8,5
Conductividad (m ohmios/cm)	Mayor 4	Mayor 4	Mayor 4

2.2.6.2.11.2 La reacción de pH

La reacción del suelo (pH) es un índice de la acidez, neutralidad o alcalinidad del suelo. Idealmente, la medición del pH debería hacerse en el campo, sobre muestras inalteradas, el suelo puede ser desintegrado si está compactado, para dar cabida a los electrodos. La técnica menos aconsejable para medir el pH es aquella basada en una muestra transportada a un laboratorio, para efectuar allí el ensayo. Si la medida del pH no se hace dentro de las 24 horas siguientes al momento de extracción de la muestra, se recomienda empacar la muestra en hielo seco, para retardar cualquier cambio en el pH debido a reacciones químicas o biológicas. Las cuales se dividen en categorías según la siguiente tabla:

Tabla Nº 10. Categorías de los diferentes pH (madrimasd.org/blogs/universo)

Clase	pH
Extremadamente ácido	Menor a 4 a 4.5
Muy fuertemente ácido	4.5 – 5.0
Fuertemente ácido	5.1 – 5.5
Medianamente ácido	5.6 – 6.0
Ligeramente ácido	6.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 – 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 – 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 – 9.0
Muy fuertemente alcalino	Mayor a 9.1

2.2.6.2.11.3 Sólidos Suspendidos Totales (TDS)

Es la cantidad de sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento.

Tabla Nº 11. Parámetros físico-químicos del agua potable y agua destilada.

	Temperatura de la Solución (°C)	Porcentaje de Salinidad (%)	Conductividad (S/cm)	Sólidos Totales Suspendidos (mg/L)	pH
Agua Potable	26.4	0.07	399	700	6.83
Agua Destilada	26	0.00	32	15.38	9.3

2.2.6.3 Agua

Se puede definir como aquel componente del mortero, en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados. El agua es el líquido que está presente de manera importante en la elaboración de concretos y/o morteros, mezclas, en el lavado de agregados, curado y riego de concreto; por consiguiente, debe ser un insumo limpio, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y, en general de cualquier material que pueda ser perjudicial, según el caso para el que se utilice. El agua puede ser clasificada en agua de mezclado y agua de curado.

➤ Agua de mezclado

Está definida como la cantidad de agua por volumen unitario de mortero que requiere el cemento, contenido en ese volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez tal, que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico. De ahí que deba hacerse un estricto control sobre el agua de mezclado en el momento de dosificarla.

➤ Agua de curado

El curado puede definirse como el conjunto de condiciones necesarias, para que la hidratación de la pasta evolucione sin interrupción hasta que todo el cemento se hidrate y el mortero alcance sus propiedades potenciales. Estas condiciones se refieren básicamente a la humedad y la temperatura. Por lo tanto, el agua de curado constituye el suministro para hidratar eficientemente el cemento.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Unidad de estudio

Los agregados finos de las canteras: Mudarra, ubicada en El Milagro; Lekersa, ubicada en las cercanías de Huanchaco; Alfa y Omega a 2 km de Huanchaco y Esperanza, ubicada en las faldas del Cerro Cabras; en la provincia de Trujillo.

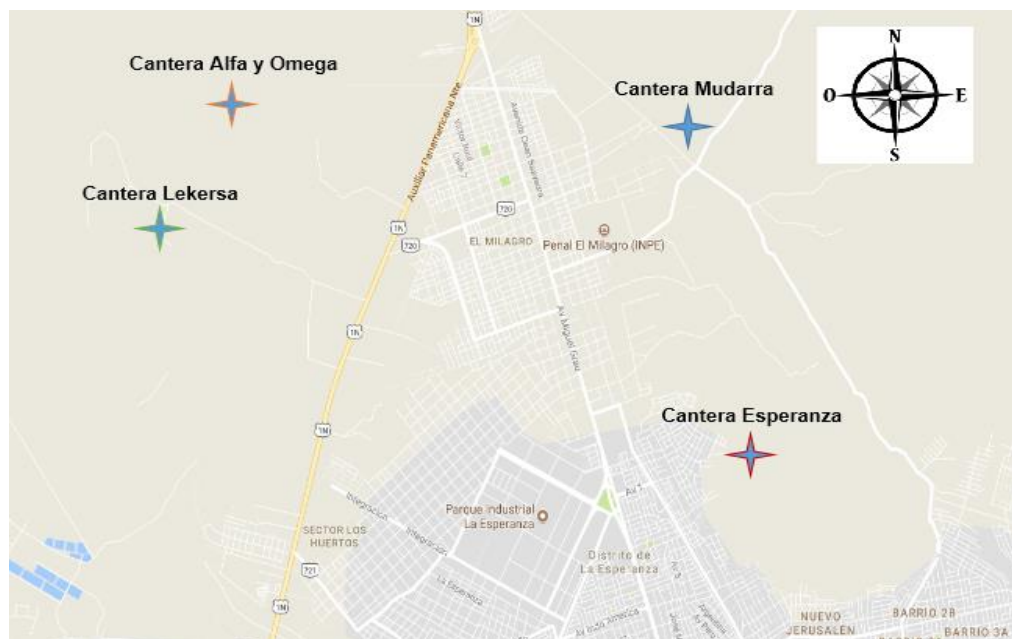


Figura N°03. Ubicación de canteras

3.2. Población

Morteros de cemento para enlucido

3.3. Muestra

Morteros elaborados con agregado fino de las canteras: Mudarra, Lekersa, Alfa y Omega, y La Esperanza, constituido por 144 probetas. El muestreo es no probabilístico por conveniencia, con 3 repeticiones como mínimo.

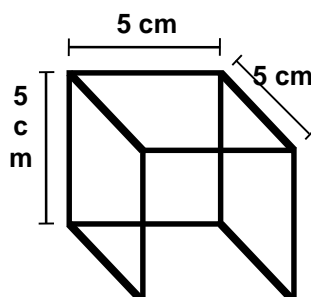


Figura N° 04. Probeta de morteros

3.4. Tipo de investigación

3.3.1. Variable independiente

- Canteras de Trujillo
- Proporción de arena fina

3.3.2. Variable dependiente

- Propiedades físicas
- Propiedades químicas
- Propiedades mecánicas

3.5. Diseño de investigación

Se aplicará un diseño experimental, tipo bifactorial, con dos variables independientes: Canteras de Trujillo y Proporciones de arena fina; tres variables dependientes: propiedades físicas, propiedades químicas y propiedades mecánicas, realizándose cuatro niveles para cada variable independiente, con tres réplicas. A continuación, se muestra, la matriz de diseño y el cálculo del número de probetas a emplear.

Tabla N° 12: Variables independiente y niveles de estudio

Variabes Independientes	Niveles de Estudio
A: Canteras de Trujillo	Mudarra, Lekersa, Alfa y Omega, Esperanza (a₁ , a₂ , a₃ , a₄)
B: Proporción de Arena Fina	1:4; 1:6; 1:8; 1:10 (b₁ , b₂ , b₃ , b₄)

Tabla N° 13: Variables dependiente

Variabes Dependientes
X: Propiedades Físicas
Y: Propiedades Químicas
Z: Propiedades Mecánicas

Tabla N° 14: Matriz de diseño experimental.

B \ A	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
b ₁	a ₁ b ₁	a ₂ b ₁	a ₃ b ₁	a ₄ b ₁
b ₂	a ₁ b ₂	a ₂ b ₂	a ₃ b ₂	a ₄ b ₂
b ₃	a ₁ b ₃	a ₂ b ₃	a ₃ b ₃	a ₄ b ₃
b ₄	a ₁ b ₄	a ₂ b ₄	a ₃ b ₄	a ₄ b ₄

Número de probetas = Variable Independiente x Variable dependiente x Número de réplicas

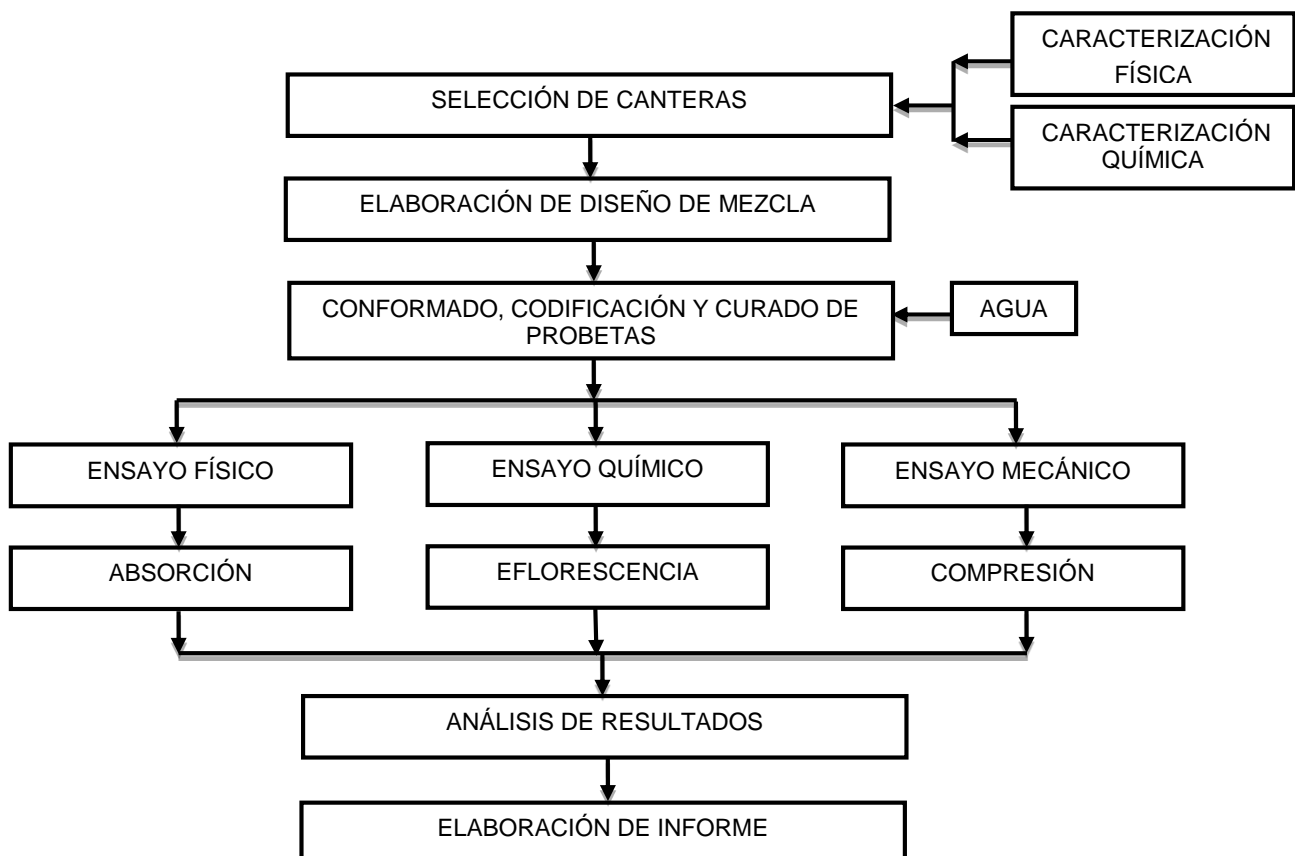
Número de probetas = (A x a_n) x (B x b_n) x (Varb. Dep. x N° réplicas)

Número de probetas = (1 x 4) x (1 x 4) x (3 x 3)

Número de probetas = 4 x 4 x 9

Número de probetas = 144

3.5.1. Diseño experimental



3.5.2. Desarrollo del diseño experimental

A) Selección de Canteras

Dentro de la provincia de Trujillo, y sus 11 distritos, existen diversas canteras, unas formales, otras informales, pero para esta investigación se seleccionó las 4 canteras más concurridas por las ferreterías: Lekersa, Alfa y Omega, Mudarra y Esperanza, ubicadas en los distritos de Huanchaco, La Esperanza y El Milagro.

➤ **Cantera Mudarra**

Esta cantera, está ubicada en las afueras del sector El Milagro del distrito de Huanchaco, a 2 km. del penal “El Milagro”. Ello dificulta el transporte del material.



Figura N° 06: Vista satelital de la cantera Mudarra

➤ **Cantera Lekersa**

Está ubicada en las afueras del distrito de Huanchaco, y tiene acceso a la Panamericana Norte, lo cual facilita el transporte de material.



Figura N° 07: Vista satelital de la cantera Lekersa

➤ **Cantera Alfa y Omega**

Esta cantera, también está ubicada en las afueras del distrito de Huanchaco, aproximadamente a 3 kms. del cerro Campana y también cuenta con acceso a la Panamericana, lo cual facilita el transporte de material.



Figura N°08: Vista satelital de la cantera Alfa y Omega

➤ **Cantera Esperanza**

Cantera ubicada a las afueras del distrito La Esperanza, cerca al cerro Cabras, por falta de llegada de vías asfaltadas, es la de más difícil acceso al transporte.



Figura N° 09: Vista satelital de la cantera Esperanza

A.1) Caracterización Física

Con las muestras de los agregados finos de cada cantera, se realizaron ensayos físicos, para poder caracterizarlos, siendo estos los siguientes:

A.1.1) Granulometría (ASTM C-136)

De las muestras recolectadas de las 4 canteras ubicadas dentro de la provincia de Trujillo (distritos de Huanchaco y La Esperanza), se seleccionaron muestras representativas que oscilen entre 1000 gr y 1500 gr., las cuales deben estar lo más homogéneas posibles, para ello, se cuarteo todo el material adquirido, de cada cantera por separado. Después, se pesó la muestra que será usada y se hizo pasar por una serie de tamices o mallas, en este caso (# 4, # 8, # 16, # 30, #50, #100, #200 y Fondo), estas mallas fueron pesadas previamente, para obtener la masa inicial de estas. Luego se situaron las mallas en el orden respectivo, y se ubicó la muestra dentro de estas, para poder instalar al equipo tamizador o máquina vibratoria, por un tiempo de entre 3 a 5 minutos, para que las partículas de la muestra se retengan en cada malla según su diámetro. Finalmente se pesó cada malla con el material retenido en estas. Para poder obtener el módulo de finura (MF) de cada cantera. Para determinar el módulo de finura de cada agregado fino se usó la siguiente fórmula:

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado}}{100}$$

Y para determinar el porcentaje retenido acumulado se necesitó de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{peso retenido en tamiz} * 100}{\text{peso total de la muestra}}$$

Para determinar el módulo de finura y el porcentaje pasante en el análisis granulométrico, se puede hacer mediante la siguiente tabla:

Tabla N° 15: Tabla matriz para un Análisis Granulométrico

Malla		Muestra 1				
N° de Malla	W _M (gr)	W _{M+M} (gr)	W _R (gr)	% W _R	% W _{RA}	% QP
4						
8						
16						
30						
50						
100						
200						
FONDO						

Donde:

W_M : Masa de la malla

W_{M+M} : Masa de la malla más la muestra

W_R : Masa retenida en la malla

$\%W_R$: Porcentaje de la masa retenida en la malla

$\%W_{RA}$: Porcentaje de la masa retenida acumulado en la malla

$\%QP$: Porcentaje que pasa

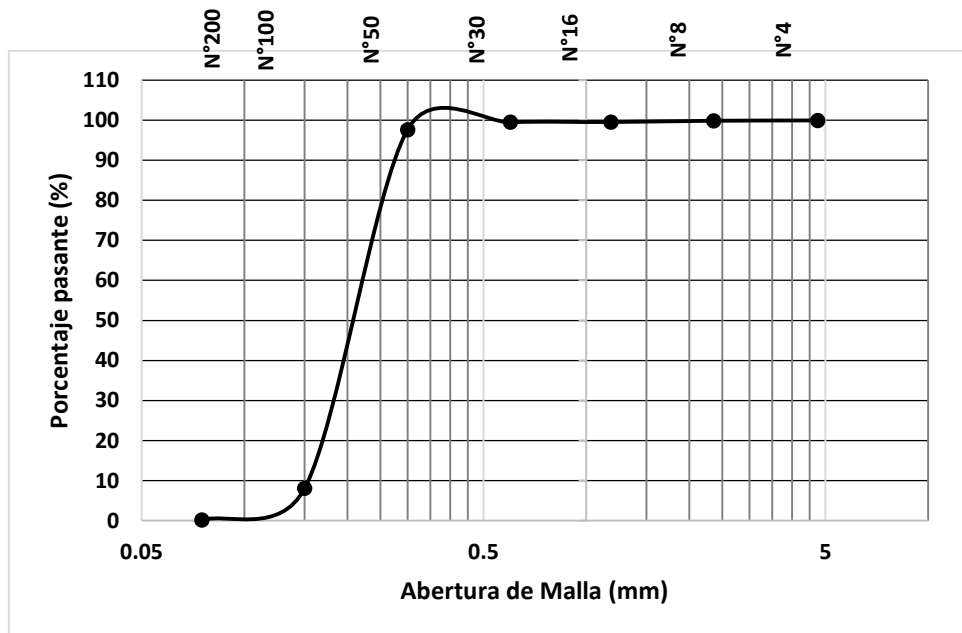


Figura N° 10: Curva granulométrica, para arenas finas

A.1.2) Peso Unitario (ASTM C-29)

Existen dos tipos de pesos unitarios, el primero es el peso unitario suelto, el cual consiste en registrar el peso del recipiente vacío (T), así como también será necesario tomarle medidas al recipiente (diámetro (d) y altura (h)) para poder determinar su volumen (V), luego se llena el recipiente con el agregado hasta desbordar el recipiente, pero sin compactarlo, se enrasa y se registra el peso de estos (G), para el segundo tipo de peso unitario, el peso unitario compacto, se sigue el mismo procedimiento, solo que se llena el recipiente en 3 capas, cada capa con 25 chuseadas y 12 golpes, para un mejor acomodo.

Para determinar el Peso Unitario de cada agregado es necesario la siguiente fórmula:

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

Donde:

- M : Peso unitario de los agregados (Kg/m³)
- G : Masa del agregado más el recipiente (Kg.)
- T : Masa del recipiente (Kg.)
- V : Volumen del recipiente

Donde:

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * h$$

Donde:

- V : Volumen del recipiente
- d : Diámetro del recipiente
- h : Altura del recipiente

A.1.3) Peso Específico y Absorción (ASTM C-127)

Para este ensayo se sumergió el agregado fino en agua durante 24 ±4 horas, luego se secó superficialmente la muestra, con ayuda de cocinas eléctricas y una pequeña mesa metálica de 20cm x 20cm; para esto se colocó bajo la mesa metálica la cocina eléctrica y sobre la mesa metálica la arena saturada con agua, con ayuda de una espátula o un badilejo se remueve la arena, para que el secado sea homogéneo. Con la arena ya seca superficialmente se la colocó en un cono metálico y se la compactó en 3 capas, cada capa con 25 golpes (el chuseador se dejó caer por propio peso), luego se levanta el cono (desmolda), y de la forma adquirida de la arena deberá desmoronarse como máximo la tercera parte de esta, de lo contrario se deberá volver a colocar a la mesa metálica si no se desmoronó lo suficiente o se volverá a sumergir en agua si se desmoronó más de 1/3 de la forma adquirida. Si se desmoronó 1/3 de la forma adquirida, a esa arena semi seca, se le llama arena saturada superficialmente seca (m_{sss}). Paralelamente al secado superficial de la arena, se pesó una fiola (N), y luego se la llenó con agua hasta el límite de los 500 ml, y se la volvió a pesar (B), posteriormente se dejó secar la fiola al ambiente. Luego la arena seca superficialmente se colocó dentro de la fiola con ayuda de un embudo y se tomó el tercer peso (M), luego se la llenó de agua, para poder rolar y eliminar el aire atrapado, posteriormente se llenó con agua hasta el límite de 500 ml, y se tomó el penúltimo peso (C). Finalmente se sacó la muestra a un recipiente para poder secarla y tomar el último peso (A). Con todos los datos hallados, se puede hallar la absorción y el peso específico de cada agregado fino. Para determinar la absorción de cada agregado fino se usó la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Abs} = \frac{S - A}{A} * 100$$

Donde:

% Abs: Porcentaje de absorción

A : Masa seca, después del secado en el horno

S : Masa en estado saturado superficialmente seca (m_{SSS})

Para determinar el peso específico de cada agregado fino se usó la fórmula siguiente:

$$Pe = \frac{A}{B + S - C}$$

Donde:

Pe : Peso específico

A : Masa seca, después del secado en el horno

B : Masa en estado saturado superficialmente seca (m_{SSS})

C : Masa de la fiola más muestra saturada superficialmente seca más agua

Para el valor de “S”, se necesitó la fórmula

$$S = M - N$$

Donde:

M : Masa de la fiola más muestra saturada superficialmente seca

N : Masa de la fiola

S : Masa de la muestra saturada superficialmente seca

Para determinar absorción y peso específico de los agregados puede hacerse uso de la tabla siguiente:

Tabla N° 16: Tabla matriz para Peso Unitario de agregados

Masa seca	A
Masa en estado saturado superficialmente seca	B
Masa de la fiola más muestra saturada superficialmente seca más agua	C
Masa de la fiola más muestra saturada superficialmente seca	M
Masa de la fiola	N
Masa de la muestra saturada superficialmente seca	M- N

A.1.4) Humedad (ASTM D-2216)

Para determinar la humedad de cada agregado se determinó y registró la masa de un contenedor limpio y seco (M_c). Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, previamente cada contenedor fue codificado.

Luego se colocó una porción de agregado fino, dentro del contenedor y se registró la masa del contenedor más la porción del agregado fino (M_{cws}), mediante el uso de una balanza de acuerdo al peso del espécimen. Posteriormente, se colocó el recipiente y el agregado fino contenido, en una estufa por 24 ± 4 horas, a una temperatura de 110 ± 5 °C. Finalmente se tomó un último peso (M_{cs}), del recipiente más el material contenido, y se calculó el contenido de humedad (W).

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado al horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua (M_w) existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas (M_s), ósea:

$$W(\%) = \frac{M_w}{M_s} \times 100 = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100$$

Donde:

W : Es el contenido de humedad, (%)

M_{cws} : Es la masa del contenedor más el agregado húmedo. (gr.)

M_{cs} : Es la masa del contenedor más el agregado secado en horno. (gr.)

M_c : Es la masa del contenedor. (gr.)

M_w : Es la masa del agua. (gr.)

M_s : Es la masa de las partículas sólidas. (gr.)

Para determinar el contenido de humedad de los agregados puede hacerse uso de la siguiente tabla:

Tabla N° 17: Tabla matriz para Peso Unitario de agregados

	Masa del contenedor	Es la masa del contenedor más el agregado húmedo	Masa del agregado húmedo	Masa del contenedor más el agregado secado	Contenido de humedad
Muestra	M_c	M_{cws}		M_{cs}	W
Agregado Fino I	A	B	B-A	C	D
.
.
.

A.2) Caracterización Química

Caracterización Físico-Química (ASTM D 4972)

Para poder realizar esta caracterización, se necesita del equipo multiparámetro. Se tiene que pesar 10 gr. del material en un vaso de precipitación y sobre este vaciar 100 ml de agua destilada y homogenizar la solución por 5 minutos, agitándola. Para posteriormente introducir los electrodos en el vaso de precipitación, para poder tomar las lecturas de salinidad (%), conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y sólidos totales suspendidos (mg/L), así como también la temperatura. Como la caracterización incluye un valor de pH, se medirá con ayuda de un pH metro. Estos datos, ayudarán a determinar la buena o mala calidad de los agregados de cada cantera, para poder diagnosticar si es un buen o mal agregado, que puede o no debe usarse en una mezcla.

Para determinar el contenido de humedad de los agregados puede hacerse uso de la siguiente tabla:

Tabla N° 18: Tabla matriz para Peso Unitario de agregados

MUESTRA	Salinidad (%)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sólidos Totales suspendidos (mg/L)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Sulfatos (SO_4^-) ppm	Alcalinidad (NaHCO_3) ppm
Agregado Fino I	A	B	C	D	E	F
.
.
.

B) Elaboración de Diseño de Mezcla

Para la elaboración del diseño de mezcla, se planteó trabajar con 4 proporciones, de las 10 más comunes, las cuales fueron: (Varía la masa de arena)

- 1:4
- 1:6
- 1:8
- 1:10.

La tabla siguiente, nos muestra las proporciones en volumen y pesos, que se usaron para las probetas.

Tabla N° 19: Tabla matriz para Peso Unitario de agregados

Proporción	Volúmenes		Pesos		Agua (gr)	R a/c
	Cemento	Arena	Cemento (gr)	Arena (gr)		
1 : 4	1	4	200	800	100	0.50
1 : 6	1	6	142.85	857.15	71.43	0.50
1 : 8	1	8	111.11	888.89	55.56	0.50
1 : 10	1	10	90.90	909.10	45.45	0.50

C) Conformado, Codificación y Curado de Probetas (ASTM C 31)

C.1) Conformado de probetas

Con el diseño de mezcla (proporciones) ya establecido, se conformaron las 144 probetas establecidas en la unidad de estudio.

Para lo cual, lo primero que se hizo, fue pesar los materiales a usar, agua, cemento y arena fina.

Previamente se adquirieron los moldes de madera laqueados. Luego se colocó en un recipiente plástico la arena fina y el cemento, y se los mezcló hasta quedar homogenizada la mezcla, posteriormente se agregó el agua por partes, para garantizar que la mezcla siga siendo homogénea, paralelamente se colocó una pequeña cantidad de aceite a los lados del molde, para que no se pegue la mezcla de estos,

A continuación, se colocó la mezcla dentro de los moldes, y se los compactó con un pequeño apisonador de manera, el molde se llenó en tres capas y por cada capa se apisonó la mezcla, finalmente se enrazó, para eliminar mezcla sobrante, y se dejó los moldes en una zona fresca, para su posterior desmolde.

C.2) Codificación de probetas

Cada probeta se codificó, según sus proporciones y según el lugar de procedencia del agregado fino. (Nombre de cantera)

Los códigos usados en las probetas, fueron los siguientes:

Tabla N° 20: Códigos de probetas

Código	Significado
1:4 M	Proporción 1:4, de la cantera Mudarra
1:6 M	Proporción 1:6, de la cantera Mudarra
1:8 M	Proporción 1:8, de la cantera Mudarra
1:10 M	Proporción 1:10, de la cantera Mudarra
1:4 L	Proporción 1:4, de la cantera Lekersa
1:6 L	Proporción 1:6, de la cantera Lekersa
1:8 L	Proporción 1:8, de la cantera Lekersa
1:10 L	Proporción 1:10, de la cantera Lekersa
1:4 AYO	Proporción 1:4, de la cantera Alfa y Omega
1:6 AYO	Proporción 1:6, de la cantera Alfa y Omega
1:8 AYO	Proporción 1:8, de la cantera Alfa y Omega
1:10 AYO	Proporción 1:10, de la cantera Alfa y Omega
1:4 E	Proporción 1:4, de la cantera Esperanza
1:6 E	Proporción 1:6, de la cantera Esperanza
1:8 E	Proporción 1:8, de la cantera Esperanza
1:10 E	Proporción 1:10, de la cantera Esperanza

C.3) Curado de probetas

Las probetas ya conformadas y desmoldadas, se colocaron en la poza de curado llena de agua con cal, para el curado de estas, por un tiempo de 28 días.

D) Ensayos Físicos

D.1) Absorción (ASTM C 128)

Para la realización de este ensayo, se necesita de una masa saturada de las probetas, las cuales, en este caso, fueron las probetas que cumplieron el tiempo de curado, dado que estas estuvieron saturadas de agua; a estas se las pesó, en una balanza de sensibilidad ± 0.01 gr, para obtener la masa saturada de las probetas (B), luego se las secó levemente con ayuda de una franela, para quitarle el agua sobrante en las caras de las probetas, luego se las pesó con ayuda del equipo de Arquímedes, para obtener la masa suspendida de las probetas (C). Finalmente a estas probetas se las puso a secar en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C, por un tiempo de 24 ± 4 horas, y luego se las pesó para obtener el peso seco de las probetas.

Para determinar la absorción de las probetas es necesario el uso de la fórmula siguiente:

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

Donde:

A : Masa de la probeta seca al horno (gr)

B : Masa de la probeta saturada. (gr.)

Para determinar la absorción de las probetas puede hacerse uso de la siguiente tabla:

Tabla N° 21: Códigos de probetas

Masa de la probeta seca en el horno (gr)	A
Masa de la probeta saturada con superficie seca (gr)	B
Masa de la probeta saturada, dentro del agua (gr)	C

E) Ensayos Químicos

E.1.) Eflorescencia

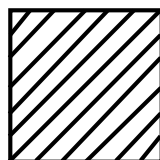
Con las probetas ya curadas, se las colocó a secar a la mufla, con una temperatura de $100 \pm 5^\circ\text{C}$ por un tiempo de 24 ± 4 horas; luego del tiempo transcurrido se las retiró de la mufla y se las dejó enfriar al medio ambiente.

Con las probetas ya enfriadas, se hizo una inspección visual para observar si habían manchas color blanco sobre la superficie de las probetas. De presentarlas, se considera que tiene eflorescencia. Para lo cual se puede llenar la tabla siguiente:

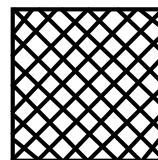
Tabla N° 22: Tabla de intensidades, según el porcentaje de superficie afectada

Intensidad	Superficie Afectada		
	< 5%	Del 5% al 25%	>25%
Velo Fino	No eflorecido	No eflorecido	Ligeramente eflorecido
Velo Grueso	Ligeramente eflorecido	Ligeramente eflorecido	Eflorecido
Mancha	Ligeramente eflorecido	Eflorecido	Muy eflorecido

En donde:



Velo Fino



Velo Grueso



Mancha

F) Ensayos Mecánicos

F.1) Ensayo de Resistencia a la Compresión (ASTM C 109)

Con las probetas ya curadas y previamente capeadas, se pasó a realizar el ensayo de resistencia a la compresión, para el cual se usó el equipo de compresión universal de 2000 KN de capacidad, y con sensibilidad ± 5 KN.

Luego se procedió a prender la fuente de 222 V., pulsando el botón ubicado en la parte posterior. Luego en el sistema digital se colocaron los parámetros para las probetas:

- Tipo: Cubo
- Medidas: 5cm x 5cm x 5cm
- Velocidad: 0.90 KN/seg.

Posteriormente, se ubicó la probeta en la plataforma de acero, para proceder a obtener la fuerza (KN) y la resistencia a la compresión (N/ mm² o MPa); finalmente, las probetas se examinaron para evaluar las posibles fallas.

El valor que reporta el equipo, en fuerza (KN) y resistencia son (N/ mm²), pero el valor de compresión que necesitamos, es en unidades (Kg/cm²). Para lo cual el factor de conversión se muestra en la tabla siguiente.

Tabla N° 23: Matriz de llenado

Código	Velocidad (KN/seg)	Fuerza (KN)	σ Compresión (N/ mm ²)	σ Compresión (Kg/ cm ²)
P1	0.90	A	C	C x 10.19
P2	0.90	B	D	D x 10.19
.
.
.

G) Análisis de Resultados

Se analizaron los resultados, de forma gráfica y numérica, para poder determinar una dosis óptima y la cantera con mejor calidad de agregado fino. Teniendo en cuenta su desviación estándar y la varianza.

G.1) Desviación Estándar

$$DS = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

DS : Desviación Estándar

X : Valor

\bar{x} : Valor promedio de los valores

n : Número de muestras

G.2) Varianza

$$V = \frac{DS}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

DS : Desviación Estándar

\bar{x} : Valor promedio de los valores

V : Varianza

H) Elaboración de Informe

Se elaborará un informe de investigación.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. ARENA FINA PARA ENLUCIDO

4.1.1. Propiedades Físicas

4.1.1.1. Ensayo de Granulometría

Tabla N° 24: Cuadro resumen de la granulometría de las canteras

	Mudarra	Lekersa	Alfa y Omega	Esperanza
Diámetro (mm)	% Que Pasa			
4.75	99.9	99.9	99.8	100
2.36	99	99.8	99.2	100
1.18	99.5	99.5	97.7	100
0.6	99.4	98.8	96.3	99.2
0.3	97.6	96.0	91.8	91.5
0.15	8.0	12.	29.9	19.7
0.075	0.1	0.7	4.0	1.2
Menor a 0.075	0.0	0.0	0.0	0.0
Módulo de Finura	0.9	0.9	0.8	0.9

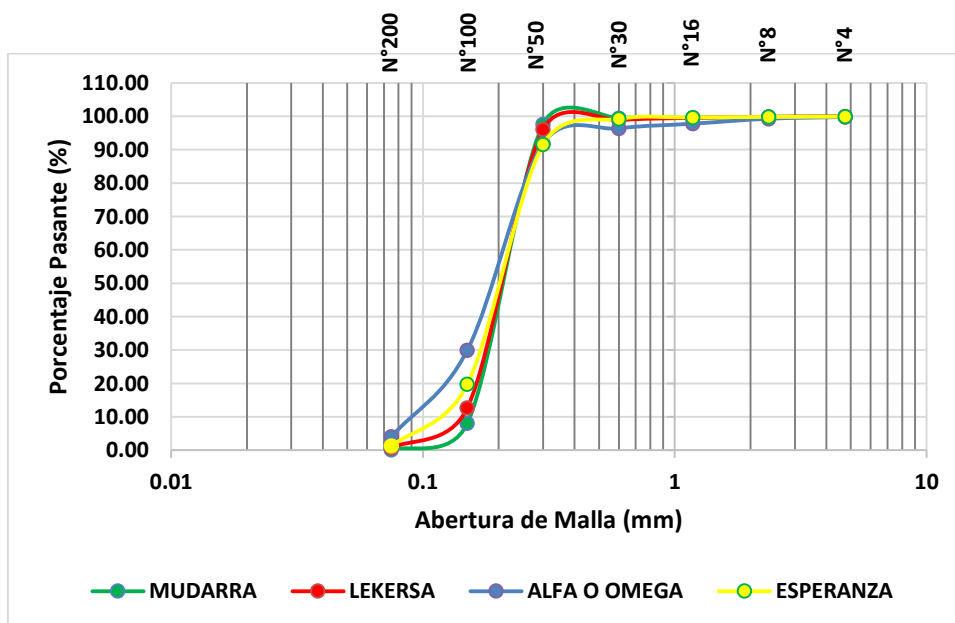


Figura N°11: Curva granulométrica de las cuatro canteras

4.1.1.2. Propiedades físicas de los agregados finos

Tabla N° 25: Cuadro resumen de Peso Unitario

		Mudarra	Lekersa	Alfa y Omega	Esperanza
Parámetros	Peso Unitario Suelto Seco (kg/m³)	1707.169	1655.453	1424.621	1436.078
	Peso Unitario Compacto Seco (kg/m³)	1913.615	1895.220	1634.115	1658.817
	Absorción (%)	0.810	1.035	0.937	1.013
	Humedad (%)	0.159	0.208	0.192	0.163

4.1.2. Propiedades Químicas

Tabla N° 26: Cuadro Resumen de las Propiedades Químicas de las Canteras

Cantera	Salinidad (%)	Conductividad (μS/cm)	Sólidos Totales suspendidos (mg/L)	pH	Sulfatos (ppm)	Alcalinidad (ppm)
Mudarra	0.02	465	214	7.2	856	48
Lekersa	0.03	573	254	7.6	1028	76
Alfa y Omega	0.02	462	171	8.1	1085	83
Esperanza	0.04	721	233	8.4	1623	134

4.2. MORTEROS DE ARENA CEMENTO

4.2.1. Propiedades Mecánicas: Resistencia a la Compresión

Tabla N° 27: Cuadro resumen de la Resistencia a la Compresión

Canteras	Proporción (Cemento-Arena)	Resist. Comp. (Kg/cm ²) 28 días de curado
Mudarra	1:4	168
	1:6	132
	1:8	84
	1:10	46
Lekersa	1:4	120
	1:6	108
	1:8	75
	1:10	42
Alfa y Omega	1:4	112
	1:6	83
	1:8	66
	1:10	31
Esperanza	1:4	92
	1:6	75
	1:8	64
	1:10	19

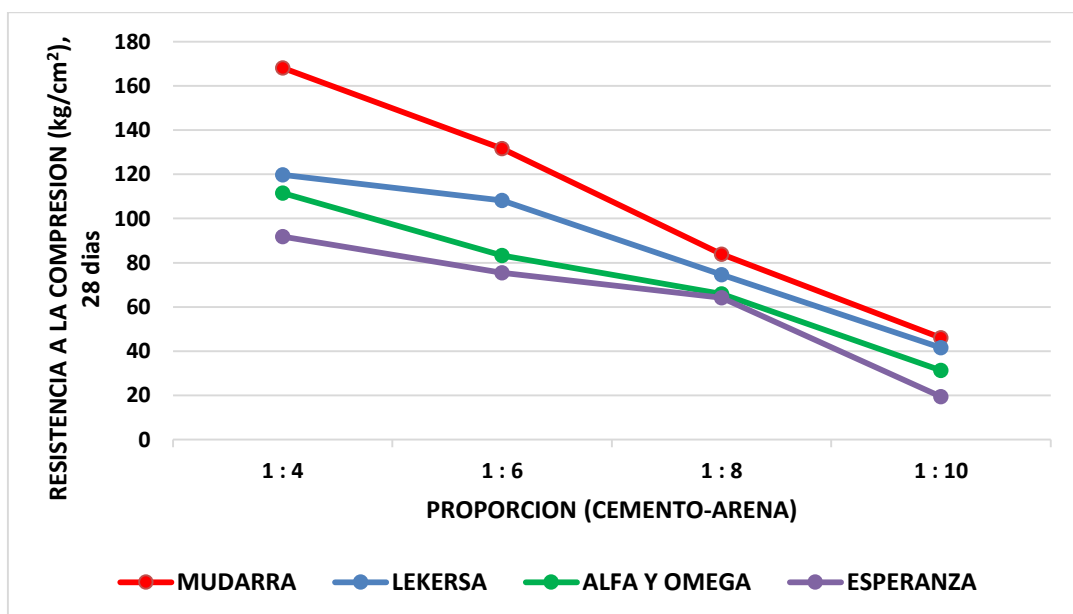


Figura N° 12: Proporciones de cada cantera vs el ensayo de Resist. a la Compresión

4.2.2. Propiedades Químicas

4.4.2.1. Eflorescencia

A) Cantera Mudarra

Tabla N° 28: Ensayo de eflorescencia, para la cantera Mudarra

		CANTERA MUDARRA			
		1:4	1:6	1:8	1:10
CALIFICACIÓN INDIVIDUAL		Ligeramente eflorecido	Ligeramente eflorecido	Ligeramente eflorecido	Ligeramente eflorecido
EN FUNCIÓN DE:	INTENSIDAD	Velo Fino	Velo Fino	Velo Fino	Velo grueso
	SUPERFICIE AFECTADA	Menor al 5%	Menor al 5%	Menor al 5%	Menor al 5%

B) CANTERA LEKERSA

Tabla N° 29: Ensayo de eflorescencia, para la cantera Lekersa

		CANTERA LEKERSA			
		1:4	1:6	1:8	1:10
CALIFICACIÓN INDIVIDUAL		Ligeramente eflorecido	Eflorecido	Eflorecido	Eflorecido
EN FUNCIÓN DE:	INTENSIDAD	Velo Fino	Velo grueso	Velo grueso	Velo grueso
	SUPERFICIE AFECTADA	Del 5% al 25%	Del 5% al 25%	Del 5% al 25%	Del 5% al 25%

C) CANTERA ALFA Y OMEGA

Tabla N° 30: Ensayo de eflorescencia, para la cantera Alfa y Omega

		CANTERA ALFA Y OMEGA			
		1:4	1:6	1:8	1:10
CALIFICACIÓN INDIVIDUAL		Ligeramente eflorecido	Eflorecido	Eflorecido	Eflorecido
EN FUNCIÓN DE:	INTENSIDAD	Velo Fino	Velo grueso	Velo grueso	Velo grueso
	SUPERFICIE AFECTADA	Del 5% al 25%	Del 5% al 25%	Del 5% al 25%	Del 5% al 25%

D) CANTERA ESPERANZA

Tabla N° 31: Ensayo de eflorescencia, para la cantera Esperanza

		CANTERA ESPERANZA			
		1:4	1:6	1:8	1:10
CALIFICACIÓN INDIVIDUAL		Eflorecido	Eflorecido	Eflorecido	Eflorecido
EN FUNCIÓN DE:	INTENSIDAD	Velo grueso	Velo grueso	Velo grueso	Velo grueso
	SUPERFICIE AFECTADA	Del 5% al 25%	Del 5% al 25%	Del 5% al 25%	Del 5% al 25%

4.2.3. Propiedades Físicas

4.2.3.1. Absorción de Probetas

Tabla N° 32: Resumen de absorciones de las diferentes canteras

Cantera	Proporción	Absorción (%)
Mudarra	1:4	14.179
	1:6	15.217
	1:8	17.925
	1:10	21.390
Lekersa	1:4	14.643
	1:6	15.338
	1:8	17.594
	1:10	21.789
Alfa y Omega	1:4	14.093
	1:6	15.693
	1:8	17.371
	1:10	21.688
Esperanza	1:4	14.657
	1:6	16.688
	1:8	18.944
	1:10	23.766

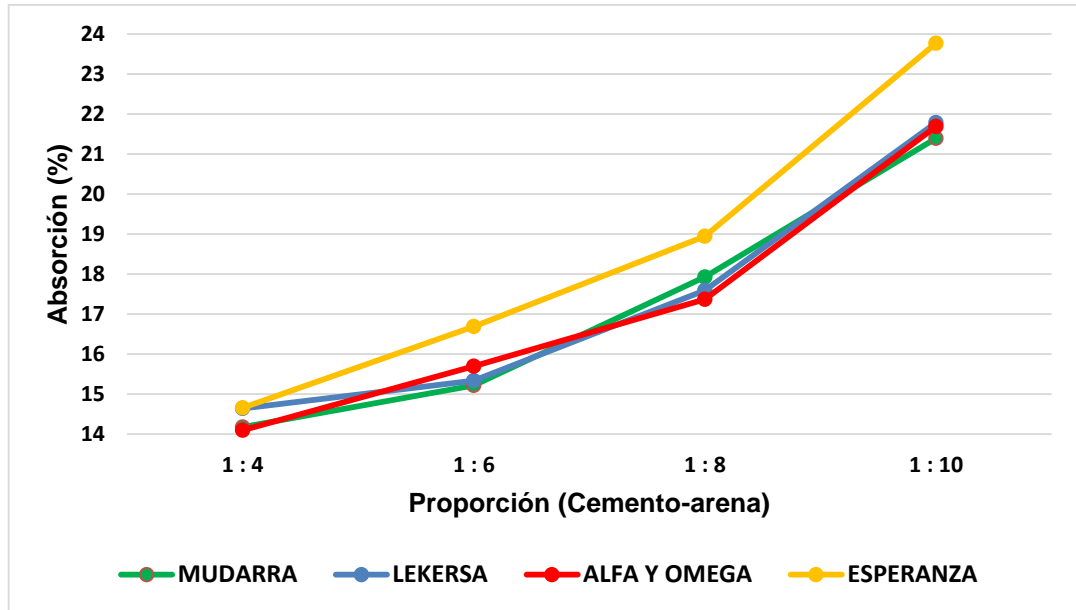


Figura N° 13: Proporciones de cada cantera vs. la absorción

4.2.3.2. Capilaridad

Tabla N°33: Resumen de la capilaridad de cada proporción en la cantera Mudarra

Tiempo /Muestra	Tiempo ^{1/2} (seg)	MUDARRA			
		1:4	1:6	1:8	1:10
0 min	0.000	0.241	0.225	0.211	0.201
1 min	7.746	0.245	0.240	0.246	0.238
5 min	17.321	0.247	0.244	0.246	0.238
10 min	24.495	0.248	0.246	0.246	0.240
20 min	34.641	0.250	0.249	0.246	0.238
30 min	42.426	0.252	0.251	0.246	0.238
1h	60.000	0.256	0.251	0.246	0.238
2h	84.853	0.261	0.252	0.245	0.238
3h	103.923	0.266	0.252	0.246	0.238
4h	120.000	0.267	0.252	0.246	0.238
5h	134.164	0.268	0.252	0.246	0.238
6h	146.969	0.268	0.253	0.246	0.238
1d	303.677	0.268	0.253	0.247	0.238
2d	439.545	0.269	0.253	0.246	0.238
3d	518.170	0.269	0.253	0.246	0.238
4d	587.878	0.269	0.254	0.247	0.239
5d	657.267	0.269	0.254	0.247	0.239
6d	726.347	0.269	0.254	0.247	0.239
7d	788.797	0.269	0.254	0.247	0.239
8d	831.384	0.269	0.254	0.247	0.239

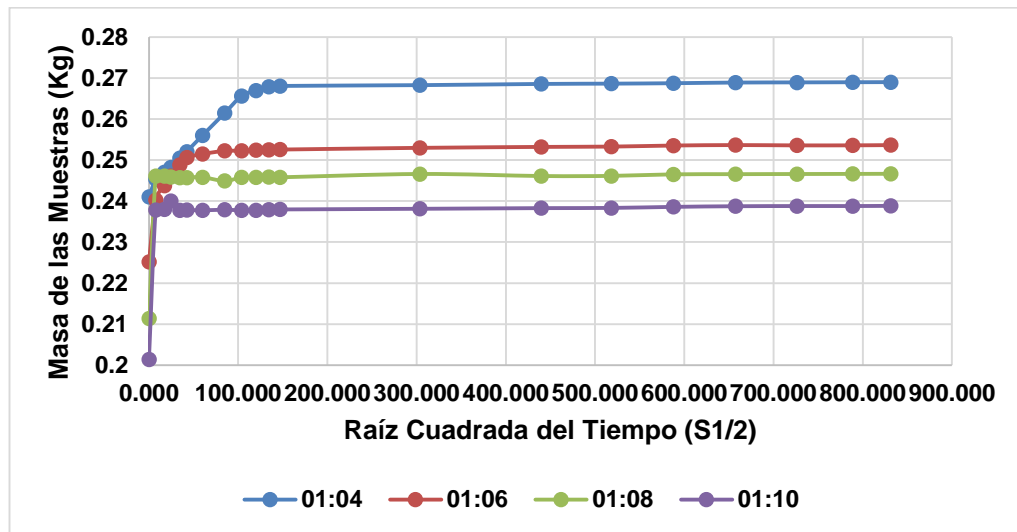


Figura N°14: Capilaridad de cada proporción en la cantera Mudarra

Tabla N°34: Resumen de la capilaridad de cada proporción en la cantera Lekersa

Tiempo /Muestra	Tiempo ^{1/2} (seg.)	LEKERSA			
		1:4	1:6	1:8	1:10
0 min	0.000	0.241	0.226	0.223	0.213
1 min	7.746	0.246	0.238	0.247	0.248
5 min	17.321	0.247	0.240	0.250	0.248
10 min	24.495	0.248	0.241	0.252	0.248
20 min	34.641	0.250	0.243	0.253	0.248
30 min	42.426	0.253	0.246	0.253	0.248
1h	60.000	0.256	0.250	0.253	0.248
2h	84.853	0.262	0.253	0.254	0.249
3h	103.923	0.266	0.253	0.254	0.248
4h	120.000	0.267	0.253	0.253	0.248
5h	134.164	0.267	0.253	0.254	0.248
6h	146.969	0.268	0.254	0.254	0.248
1d	303.677	0.268	0.254	0.254	0.248
2d	439.545	0.268	0.254	0.254	0.249
3d	518.170	0.268	0.254	0.254	0.249
4d	587.878	0.268	0.254	0.255	0.249
5d	657.267	0.268	0.254	0.255	0.249
6d	726.347	0.268	0.254	0.255	0.249
7d	788.797	0.268	0.254	0.255	0.249
8d	831.384	0.268	0.254	0.255	0.249

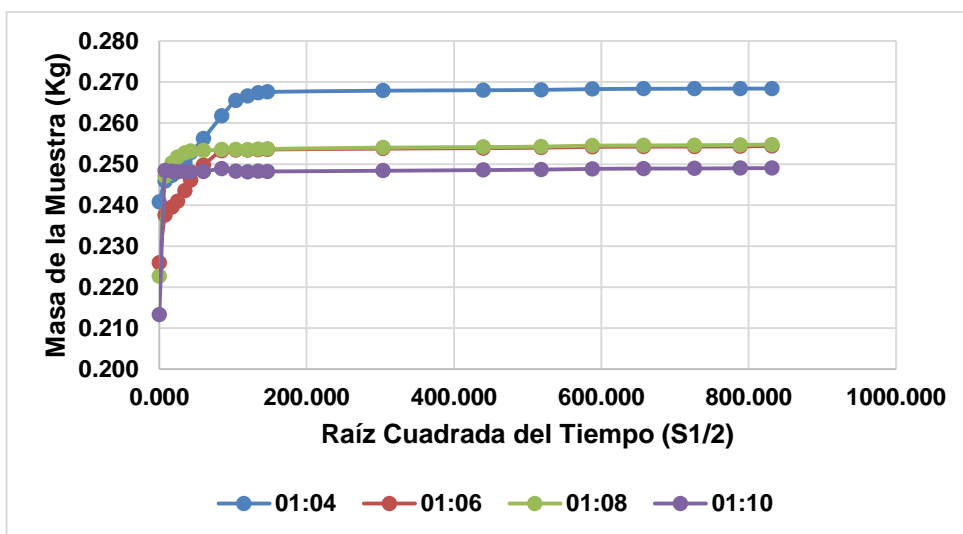


Figura N°15: Capilaridad de cada proporción en la cantera Lekersa

Tabla N° 35: Resumen de la capilaridad de cada proporción en la cantera Alfa y Omega

Tiempo /Muestra	Tiempo ^{1/2} (seg)	ALFA Y OMEGA			
		1:4	1:6	1:8	1:10
0 min	0.000	0.24206	0.2273	0.21147	0.21224
1 min	7.746	0.24443	0.23889	0.23306	0.24024
5 min	17.321	0.24601	0.24265	0.23778	0.24403
10 min	24.495	0.24695	0.24486	0.23812	0.24454
20 min	34.641	0.24872	0.24789	0.23848	0.24491
30 min	42.426	0.25081	0.24942	0.23865	0.24508
1h	60.000	0.25347	0.25224	0.23892	0.24532
2h	84.853	0.2582	0.25338	0.23919	0.2457
3h	103.923	0.26193	0.25347	0.23938	0.24585
4h	120.000	0.26354	0.25367	0.23972	0.24601
5h	134.164	0.26544	0.25361	0.2397	0.24634
6h	146.969	0.26655	0.25364	0.23979	0.24663
1d	303.677	0.26744	0.25387	0.24042	0.24715
2d	439.545	0.26802	0.25396	0.24066	0.24742
3d	518.170	0.26806	0.25405	0.24177	0.24826
4d	587.878	0.26832	0.25432	0.24145	0.24802
5d	657.267	0.26833	0.25439	0.24142	0.24823
6d	726.347	0.26837	0.25443	0.24169	0.24836
7d	788.797	0.26846	0.2545	0.24183	0.2486
8d	831.384	0.26854	0.25633	0.242	0.24879

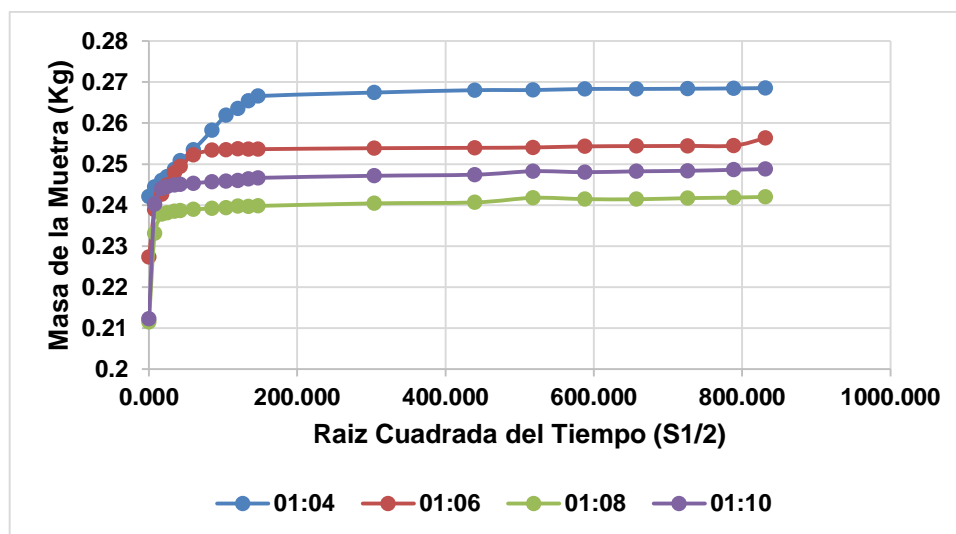


Figura N° 16: Capilaridad de cada proporción en la cantera Alfa y Omega

Tabla N°36: Resumen de la capilaridad de cada proporción en la cantera Esperanza

Tiempo/Muestra	Tiempo1/2 (seg)	ESPERANZA			
		1:4	1:6	1:8	1:10
0 min	0.000	0.239	0.224	0.238	0.226
1 min	7.746	0.243	0.239	0.241	0.235
5 min	17.321	0.244	0.242	0.242	0.236
10 min	24.495	0.244	0.243	0.244	0.238
20 min	34.641	0.246	0.246	0.246	0.240
30 min	42.426	0.250	0.247	0.246	0.242
1h	60.000	0.250	0.251	0.249	0.246
2h	84.853	0.254	0.251	0.251	0.248
3h	103.923	0.258	0.251	0.252	0.248
4h	120.000	0.259	0.251	0.253	0.249
5h	134.164	0.262	0.251	0.254	0.249
6h	146.969	0.263	0.251	0.254	0.249
1d	303.677	0.264	0.251	0.256	0.251
2d	439.545	0.266	0.251	0.257	0.251
3d	518.170	0.266	0.251	0.258	0.252
4d	587.878	0.266	0.252	0.258	0.252
5d	657.267	0.266	0.252	0.259	0.252
6d	726.347	0.266	0.252	0.259	0.253
7d	788.797	0.266	0.252	0.259	0.253
8d	831.384	0.266	0.252	0.259	0.253

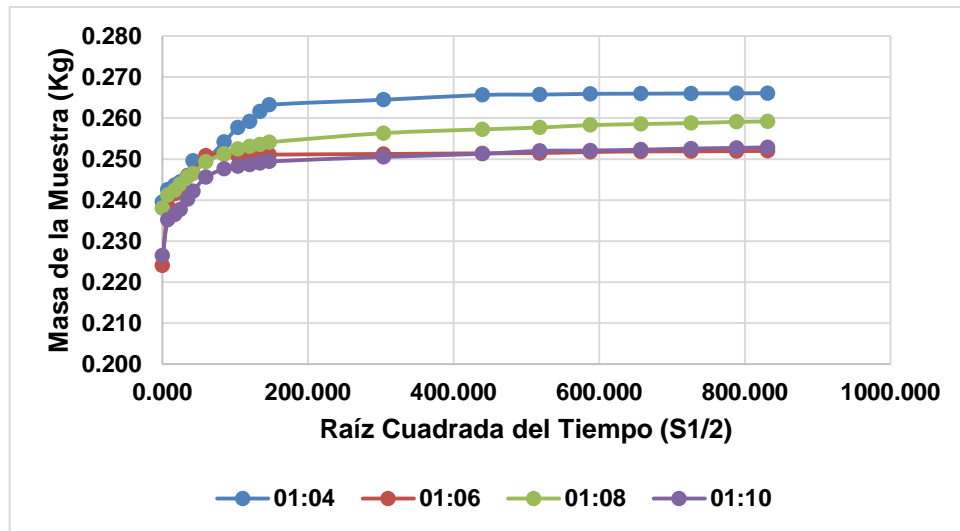


Figura N°17: Capilaridad de cada proporción en la cantera Esperanza

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. Discusión de Resultados

- En la Figura 11 se pueden visualizar las curvas de análisis granulométrico de las diferentes canteras estudiadas, en las que se puede ver que la mayor concentración de arena se da en la malla #100, garantizando que las arenas de la presente investigación son arenas finas, ya que un requisito indispensable para ser una arena fina es que los granos pasen por una malla de 0,300 mm y sean retenidos por un tamiz de 0.02 mm. Dicho de otra manera, arena fina es todo aquel material retenido a partir de la malla #50 a la malla #200. Además, la norma ASTM C136, menciona que una arena adecuada para mezcla de concreto y mortero de asiento, debe tener un módulo de finura entre 2,3 y 3,1; donde un valor menor a 1,5, indicaría que se trataría de una arena fina y un valor de 1,5 a 2,3 una arena media. Como se visualiza en la Tabla N° 26, el módulo de finura de las canteras Mudarra, Lekersa, Alfa y Omega y Esperanza, son 0.973, 0.900, 0.842, 0.894; respectivamente; comprobando de esta manera que el material usado como agregado fino, pertenece a una arena fina. Pero la norma antes mencionada, también nos menciona que en agregados finos, el material pasante la malla #200, es decir materiales finos, no debe pasar el 3%. Y tal y como se muestra en las Tabla A-1 a la Tabla A-12, los porcentajes de pesos retenidos en las tablas perteneciente a las canteras de Mudarra, Lekersa y Esperanza, son menores al 3%, cumpliendo con un requisito para ser un buen agregado; pero, respecto a la cantera Alfa y Omega, esta tiene un porcentaje de peso retenido de 3.9, pasando el límite máximo mencionado, con lo cual se calificaría como una cantera con un agregado inadecuado para su uso.
- En la Tabla N° 26 se muestran los módulos de finura de cada cantera estudiada, mostrando que el valor de módulo de finura promedio de las cuatro canteras es 0.900; con el cual, según Huamán C. nos indica, a menor tamaño de finura disminuye su resistencia a la compresión, dado que tiene una granulometría discontinua y al tener menor área superficial en un volumen dado, tiene un menor acomodo en el mortero; y, al tener un mayor grado de absorción y porosidad, permite una baja adherencia y unión del mortero con las unidades de albañilería.
- En la Tabla N° 27 se muestran los pesos unitarios sueltos secos (PUSS) y compactos secos (PUCS), mostrando mayores valores en ambos la cantera Mudarra, seguida en orden descendente, de las canteras Lekersa, Esperanza y Alfa y Omega. En este caso en particular, la teoría nos dice que, a mayor peso unitario existente, nos dará un mayor valor

respecto a su resistencia a la compresión. Lo cual se comprueba con la Tabla N° 29, en la que, independientemente de la cantidad de arena usada (proporción), se cumple lo antes mencionado.

- En la Tabla N° 27 se muestra un cuadro resumen de los valores de absorción de las canteras estudiadas, dando valores cercanos al 0.9 %. Tomando como base la teoría de absorción, la cual nos dice: La absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado, y sabiendo que los agregados finos de origen natural presentan alta absorción, siendo para los agregados finos aproximadamente 0.9%; entonces podríamos decir que la cantera Mudarra es la mejor respecto a su absorción, ya que cuenta con el menor valor de 0.8%, seguida de Alfa y Omega con 0.9, Esperanza con 1.0% y finalmente Lekersa con 1.0%. El motivo por el que la cantera que cuenta con menor valor de absorción es la más apta, se da porque, visto desde el punto de vista económico, lo que un investigador busca es no solo usar buenos materiales y obtener mejores resultados, si no también economizar gastos, y en este caso se debería al menor uso de agua respecto a la mezcla, Los valores no difieren en mucho respecto a sus porcentajes, pero en grandes cantidades de producción, este valor sería muy significativo.
- En la Tabla N° 27 se muestra un cuadro resumen del contenido de humedad, que tiene el agregado fino (arena fina) de cada cantera, obteniendo valores de forma homogénea de 0.2%, 0.9%, 0.2% y 0.2%, para las canteras Alfa y Omega, Esperanza, Mudarra y Lekersa, respectivamente.
- En las Tablas N° 30, 31, 32 y 33 se muestran los resultados de las eflorescencias presentadas por las canteras estudiadas, en el último de los cuales se puede visualizar que la cantera Mudarra es la que tiene menos eflorescencia, ya que independientemente de la proporción, estas presentan áreas menores al 5% de eflorescencia, e incluso la poca eflorescencia que tienen, es de velo fino y casi transparente, siendo apenas percibida, a diferencia de las otras canteras, que tienen una área efloreceda de entre 5 el 25%, e incluso algunas con velo grueso, las cuales son un poco más visibles. Pero de forma general, sea velo fino o velo grueso e incluso un área menor al 25% efloreceda, la eflorescencia no es de gran magnitud, lo cual indicaría una calidad de regular hacia adelante del agregado de las canteras estudiadas.
- En la Tabla N° 28 se muestra un cuadro resumen de las propiedades químicas de las canteras, entre estas tenemos a la salinidad, en este caso los valores obtenidos son bastantes bajos, casi neutros, ya que los valores oscilan entre 0.02% (200 ppm) y 0.04%

(400 ppm), siendo Mudarra y Alfa y Omega, las canteras con menos sales, con un valor de 0.02%, acercándose casi a la salinidad del agua destilada, según la tabla N° 06. Ya que la salinidad esta de cierta forma relacionada con la alcalinidad, los valores de alcalinidad son bastantes bajos, encabezados por la cantera Mudarra, con el menor valor de todos con 48 ppm, seguidos de Lekersa con 76 ppm, Alfa y Omega con 83 ppm y culminando con Esperanza con 134 ppm. Si clasificamos a las canteras por su salinidad, según la Tabla N° 03, serian materiales de salinidad normal, que no afectan a ningún tipo de medio. Con esto comprobamos que, respecto a sales y alcalinidad, la Cantera Mudarra sería la cantera que tiene el agregado fino (arena fina) con mejores cualidades.

Si hablamos de la conductividad, la cantera Mudarra también cuenta con el valor más bajo, así como la cantera Alfa y Omega con valores de 465 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 462 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, garantizando de esta manera que la velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución es baja, a diferencia de las otras dos canteras, Lekersa con 573 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y Esperanza con 721 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Respecto a los sólidos totales suspendidos (TDS), el menor valor obtenido es el de la cantera Alfa y Omega con 171 mg/L, seguido de la cantera Mudarra con 214 mg/L, Esperanza con 233 mg/L y Lekersa con 254 mg/L. Tomando la definición general de TDS, que es la cantidad de sólidos presentes en suspensión, en otras palabras, es la cantidad de impurezas innecesarias presentes en el agregado, se podría decir que la cantera Alfa y Omega es la cantera más limpia y la cantera Lekersa la más sucia.

Al referirnos a los sulfatos, se observa que la cantera Mudarra, cuenta con el menor valor de 856 ppm, el cual difiere bastante con las otras canteras, con valores de 1028 ppm, 1085 ppm y el máximo valor de 1623 ppm, de las canteras Lekersa, Alfa y Omega y Esperanza, respectivamente.

- La compresión es una propiedad mecánica, y la resistencia a la compresión es el ensayo más común y más usado cuando se trabaja con cemento. Cuando hablamos de propiedades mecánicas, para este caso nos referimos más específicamente a la resistencia a la compresión, la cual se define como la capacidad que tiene una probeta para soportar cargas de presión, en una determinada área. La Tabla N° 28, muestra un cuadro resumen del ensayo de resistencia a la compresión, con cuatro proporciones, planteadas en la investigación: 1:4, 1:6, 1:8 y 1:10. La figura N° 12, nos muestra el resumen de los valores de compresión, en la que se puede visualizar claramente la tendencia que a mayor cantidad de arena usada, disminuye el valor de resistencia a la compresión. Desde 168 kg/cm^2 ,

cuando se usa una relación de 1:4, hasta 46 kg/cm², al usar una relación 1:10, respecto a la cantera Mudarra; cuando se trabajó con la cantera Lekersa con una relación de 1:4, se obtuvo una compresión de 120 kg/cm² y una compresión mínima de 42 kg/cm² con una relación de 1:10; con la cantera Alfa y Omega con una relación de 1:4, se obtuvo una compresión de 112 kg/cm² y una compresión mínima de 31 kg/cm² con una relación de 1:10, y con la última cantera Esperanza con una relación de 1:4, se obtuvo una compresión de 92 kg/cm² y una compresión mínima de 19 kg/cm², con una relación de 1:10.

De la misma forma, independientemente de la proporción, respecto a las canteras, la cantera con un mejor valor de resistencia a la compresión es Mudarra, seguida de Lekersa, Alfa y Omega, y Esperanza. Como se sabe, la teoría nos dice que a medida que se emplee mayor cantidad de cemento, mayor será el valor de resistencia a la compresión, y este caso no es la excepción, ya que como se visualiza en la Figura N° 11, la proporción que alcanza los mejores valores de resistencia a la compresión, independientemente de la cantera, es la proporción 1:4, dicho de otra manera: 20% de cemento y 80% de arena.

Según la norma ASTM C270, que clasifica a los morteros de acuerdo a 4 tipos, M, S, N, O; la clasificación se hace según su resistencia a la compresión, y según esta norma, las proporciones 1:4 y 1:6 de la cantera Mudarra, son morteros de tipo M, el cual es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros, se utiliza en mampostería reforzada o sin refuerzo, sujetos a grandes cargas de compresión y puede usarse en estructuras en contacto con el suelo tales como cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de aguas servidas y pozos. La proporción 1:8 de la cantera Mudarra y las proporciones 1:4, 1:6, 1:8, de la cantera Lekersa y las proporciones 1:4, 1:6, 1:8, de la cantera Alfa y Omega, así como las proporciones 1:4, 1:6, 1:8, de la cantera Esperanza, son morteros de tipo S, el cual alcanza alta resistencia de adherencia, la más alta que un mortero puede alcanzar, se utiliza para estructuras sujetas a cargas compresivas normales, que a la vez requieren alta resistencia de adherencia, también se utiliza donde el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos o para pegar baldosas de barro cocido. La proporción 1:10, de las Canteras Mudarra, Lekersa y Alfa y Omega, son morteros de tipo N, el cual es definido como un mortero de propósito general, utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Es bueno para paredes internas y divisiones. Este mortero de mediana resistencia representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía. Y finalmente la proporción 1:10 de la cantera Esperanza es un mortero de tipo O, el cual es un mortero de baja resistencia, se debe utilizar en paredes, divisiones sin carga, y para el revestimiento exterior que no se congela cuando está húmedo. El mortero tipo O se usa a menudo en residencias de uno y dos pisos. Es el favorito de los albañiles porque tiene excelente trabajabilidad y bajo costo.

Morante P., en su investigación, llegó a realizar rupturas de cubos de mortero de 5x5x5cm, los cuales coinciden con las dimensiones de nuestras probetas, llegando a alcanzar una resistencia a la compresión máxima de 174 kg/cm²; y en nuestro caso fue de 168 kg/cm², lo cual no difiere en mucho de este investigador, llegando así a comprobar nuestra investigación.

Gutiérrez, en su investigación, planteó que se alcanzan mejores resultados, cuando se usa una relación agua/cemento de 0.55, en nuestra investigación se alcanzaron los máximos valores con una relación agua/cemento de 0.50, comprobando de esta manera que la relación usada en nuestra investigación es la adecuada.

López L. y López J., en su investigación, la cual es la más completa ya que no solo trabajó con morteros, si no que trabajó 8 proporciones de estos, con los cuales para cada proporción estableció una resistencia a la compresión; pero en nuestro caso, con las mismas proporciones de 1:4, 1:6, 1:8 y 1:10, se alcanzaron mejores valores que los de estos investigadores, lo cual comprueba que las 4 canteras investigadas, son de calidad media a buena.

- En la Figura N° 13 se muestran las absorciones de cada cantera a diferentes proporciones, visualizándose que la cantera Esperanza, independientemente de la proporción, tiene las más altas absorciones, por lo que generaría más cantidad de poros, y por ende una mala adherencia a las paredes, aparte de que al tener mayor absorción, tiende a absorber más agua y generaría mayores costos al producir grandes cantidades de mortero con el agregado fino de esta cantera; adicionalmente, si se deseara dar un mejor acabado visual (pintado), al ser absorbente y tener mayor cantidad de poros, absorbería mayor cantidad de pintura y generaría aún más sobre costos. La cantera Mudarra y Alfa y Omega, con una absorción de 14%, tienen un resultado menor a la cantera Esperanza con un 15%. Al visualizar la figura, también se observa que a mayores proporciones, es decir que a mayor cantidad de arena, mayor es la absorción, lo cual es lógico suponer, ya que el agregado fino, al tener un tamaño de partícula pequeño, tiene mayor área superficial y por ende es más absorbente, llegando hasta un aproximado de 24%, con una proporción de 1:10 y un 14% con la proporción 1:4.
- En la absorción de las probetas de mortero para enlucido, la cantera Mudarra tiene los menores valores de absorción, de 14% con una relación de 1 de cemento : 4 de arena; hasta un 21% con la relación de 1 de cemento:10 de arena, por lo cual se le considera la mejor cantera, debido a que a mayor densidad que tenga la arena fina, entonces menor absorción y porosidad tendrá, donde el gel cementoso (SHC) sella los poros existentes en el mortero y la combinación de índices bajos de absorción y las características de la

granulometría en cuanto a forma, tamaño y graduación de la arena logran un resultado óptimo en la investigación. Ya que, al tener menores valores en esta propiedad, el mortero tiende a absorber menos cantidad de agua, y por ende menos cantidad de pintura cuando se requiera dar un mejor acabado superficial.

Tal y como se muestra en la Figura N° 13, a mayor cantidad de arena, es decir a mayor proporción cemento/arena, aumenta el valor de la absorción, llegando hasta un máximo de 24% con una proporción de 1 de cemento:10 de arena, de la cantera Esperanza y un valor mínimo de 14% con una proporción de 1 de cemento: 4 de arena, para la cantera Mudarra, debido a que la arena fina, es un material granular, pasante la mayor parte la malla #50, y como bien se sabe, a menor tamaño de partícula, esta tiende a ser más absorbente, y la arena fina al tener el menor tamaño de gránulos en las arenas en general, tienden a ser más absorbente, lo cual se comprueba con la investigación de Huamán, que usó arena fina, media y gruesa, concluyendo que en estas dos últimas, a mayor cantidad de material, disminuye la absorción, a diferencia de la arena fina.

- De forma concluyente, tomando en cuenta las propiedades físicas, mecánicas fisicoquímicas, la cantera con mejores cualidades es la cantera Mudarra, la cual no solo tiene buenas cualidades, si no que supera expectativas de investigaciones antes planteadas, le siguen las canteras Lekersa, Alfa y Omega, pero la cantera que cumple con menos requisitos y por tanto, la cantera que menos recomendaríamos es la cantera Esperanza.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

- Se evaluaron las canteras de Trujillo y las proporciones de arena fina para morteros de enlucido, sobre sus propiedades físicas, químicas y mecánicas
- Se evaluó la calidad química de las arenas finas para enlucido, determinado que la cantera Mudarra es la cantera de arena fina con la mejor calidad química; una cantera con menores contenidos de sales de 0.02%, 856 ppm de sulfatos, 465 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad y 214 mg/L de sólidos totales suspendidos, lo cual incide en la menor presencia de patologías en el mortero y en el concreto. Esas buenas condiciones de la composición interna del agregado, aseguran una buena presentación y apariencia de los enlucidos, a través del tiempo.
- Se analizó la calidad física de las arenas para enlucidos, llegando a la conclusión de que las mejores calidades físicas la tienen las canteras Mudarra y Lekersa, estos parámetros determinarán, entre otros, que los enlucidos generen menores costos cuando requieran mejorar sus acabados (mediante el pintado), ya que la absorción, capilaridad y porosidad presentan indicadores bajos.
- Se identificaron los valores máximos y mínimos para la absorción y eflorescencia, determinando que, los menores valores son alcanzados por la cantera Mudarra, con un área menor al 5% afectada por la eflorescencia y con una intensidad de velo fino; así como para la absorción con un valor mínimo de 14.179% y máximo de 21.390, a comparación de la cantera Esperanza, con un área afectada del 5% al 25% , con una intensidad de velo grueso, y una absorción mínima de 14.657% y máxima de 23.766%.
- Se obtuvo la proporción óptima para una alta resistencia a la compresión en los morteros de enlucido, la cual fue la relación de una parte de cemento y cuatro partes de arena, con 168 Kg/cm² del material procedente de la cantera Mudarra. No obstante, el mayor costo relativo frente a las otras proporciones del presente estudio, los beneficios aportados a los enlucidos, dan un valor importante a esta alternativa que puede ser escogida por los constructores.

CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un ensayo de adherencia del mortero al ladrillo, para determinar la capacidad de adherencia que tiene el mortero para enlucido, empleando la arena fina de cada cantera.

- Se recomienda repetir la investigación, empleando diferentes relaciones agua/cemento, teniendo en cuenta la trabajabilidad.

- Se recomienda emplear otros tipos de cemento, y hacer una comparación, en el nivel de adherencia, presentado por estos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ARRIOLA D. J., 2009. **“Diseño de Morteros con Cementos Hidráulicos para la Construcción de Muros con Elementos de Mampostería”**. Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad de San Carlos de Guatemala. [Consulta] Junio del 2017.

CALVERA J Y AZKARATE I, 2005, **“CEMENTO HORMIGON”**, Edición N° 882. Madrid, España. [Consulta] Junio del 2017.

CASTIARENA, 1994. **Curso de Tecnología del Concreto**, Disponible en: <http://www.frcon.utn.edu.ar/wpfrcon/wp-content/uploads/2015/07/Tecnolog%C3%A1da-del-Hormig%C3%B3n.pdf> [Consulta] Julio del 2017.

CONSTRUMATICA, Metaportal de arquitectura, ingeniería y construcción, 2013. **“Eflorescencia”**. Disponible en: <http://www.construmatica.com/construpedia/Eflorescencias> [Consulta] Julio del 2017.

FERNANDEZ L., 2006. **Especificaciones basadas en el desempeño y control de la durabilidad del concreto: informe de estado de la técnica RILEM TC 230-PSC** Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/296884948_Performance-Based_Specifications_and_Control_of_Concrete_Durability_State-of-the-Art_Report_RILEM_TC_230-PSC [Consulta] Julio del 2017.

GALINDO, 2005. **“Los vecinos afectados por las obras de Santiago, 11 muestran su preocupación”** Disponible en: <http://cadizcentro.net/index.php/archives/2005/10/> [Consulta] Julio del 2017.

GUTIÉRREZ DE LÓPEZ. L. 2003. **“El concreto y otros materiales para la construcción”**. Universidad Nacional de Colombia, Manizales – Colombia. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf [Consulta] Junio del 2017.

HERNANDEZ P. L. 2012. **“Diseño estructural de un edificio de vivienda de albañilería confinada”**. Tesis de pre-grado. Facultad de ciencias e ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú. [Consulta] Junio del 2017.

HERRERA H. 2007. “**Diseño de explotación de canteras**”. Tesis de pre-grado. Escuela técnica superior de ingeniería de minas, Universidad Politécnica de Madrid. [Consulta] Junio del 2017.

HUAMAN C. 2016. “**Influencia del porcentaje de agregado fino y módulo de finura sobre la resistencia a la compresión y absorción en morteros para la construcción**”, Tesis de grado. Escuela Ingeniería de materiales, Universidad Nacional de Trujillo. [Consulta] Septiembre del 2017.

INEI, 2016. “**El Perú tiene una población de 31 millones 488 mil 625 habitantes**”. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/el-peru-tiene-una-poblacion-de-31-millones-488-mil-625-habitantes-9196/> [Consultado] Septiembre del 2017.

INVERSIONES EN CONCRETO CA, 2012. “**Eflorescencia del concreto**”. Disponible en <http://enconcretove.blogspot.pe/2012/11/eflorescencia-del-concreto.html> [Consulta] Julio del 2017.

LÓPEZ G.L., LÓPEZ P.J., 2008. Catedra de ingeniería rural, TEMA 9. 2008. “**Morteros**”. Escuela universitaria de ingeniería técnica agrícola de ciudad Real, Disponible en: https://www.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/Tema9.pdf [Consulta] Junio del 2017.

MILIARIUM, 2008, “**Ingeniería civil y medio ambiente**”. Disponible en: miliarium.com/prontuario/Suelos/SalinizacionSuelos.htm [Consulta] Julio del 2017.

MODENESE P., 2016, “**Manual de Obra**” Disponible en: <http://www.manualdeobra.com/blog/Mortero>. [Consulta] Julio del 2017.

MORANTE P. A. 2008. “**Mejora de la adherencia mortero- ladrillo de concreto**”. Tesis de pre-grado. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú. [Consulta] Junio del 2017.

RPP NOTICIAS, 2013. “**Denuncian presencia de canteras informales en cerro Campana**” Disponible en: <http://rpp.pe/peru/actualidad/trujillo-denuncian-presencia-de-canteras-informales-en-cerro-campana-noticia-562742> [Consulta] Septiembre del 2017.

Diario GESTIÓN, 2016. “**¿Qué le espera al mercado inmobiliario peruano este año?**”

Disponible en: <https://gestion.pe/inmobiliaria/que-le-espera-al-mercado-inmobiliario-peruano-este-ano-2159267> [Consulta] Septiembre del 2017.

PUENTE C. G. 2007. “**Patología de la construcción en mampostería y hormigones**”. Tesis de pre-grado. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela Politécnica del Ejército.

Disponible en: <https://www.scribd.com/document/335020234/Patologia-de-la-Construccion-en-Mamposteria-y-Hormigones-2007-Tesis-205-pdf> [Consulta] Junio del 2017.

VILLAROEL J., 2017. “**Evaluación del porcelanato reciclado y dosificación en mortero de asentado sobre la resistencia a compresión, absorción, densidad y flujo, Trujillo 2017.**”

Tesis de grado. Facultad de Ingeniería – Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Privada del Norte. [Consulta] Julio del 2017.

APÉNDICE

APÉNDICE I: CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA DEL MORTERO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARENA FINA

I. Cantera Mudarra

Tabla A-01: Análisis Granulométrico de la cantera Mudarra, muestra 1

Malla		Muestra 1				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	508.47	0.32	0.064	0.064	99.936
8	489.78	490.17	0.39	0.078	0.142	99.858
16	412.48	414.19	1.71	0.341	0.483	99.517
30	402.17	402.5	0.33	0.066	0.548	99.452
50	369.65	387.9	18.25	3.639	4.187	95.813
100	345.19	784.83	439.64	87.653	91.840	8.160
200	299.87	340.14	40.27	8.029	99.869	0.131
FONDO	369.86	370.52	0.66	0.132	100.000	0.000

Tabla A-02: Análisis Granulométrico de la cantera Mudarra, muestra 2

Malla		Muestra 2				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	508.47	0.32	0.064	0.064	99.94
8	489.78	490.17	0.39	0.078	0.142	99.86
16	412.48	413.83	1.35	0.269	0.411	99.59
30	402.17	402.49	0.32	0.064	0.475	99.53
50	369.65	375.73	6.08	1.213	1.688	98.31
100	345.19	797.76	452.57	90.277	91.965	8.03
200	299.87	339.42	39.55	7.889	99.855	0.15
FONDO	369.86	370.59	0.73	0.146	100.000	0.00

Tabla A-03: Análisis Granulométrico de la cantera Mudarra, muestra 3

MALLA		Muestra 3				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	508.47	0.32	0.064	0.064	99.94
8	489.78	490.17	0.39	0.078	0.142	99.86
16	412.48	414.22	1.74	0.347	0.489	99.51
30	402.17	402.48	0.31	0.062	0.550	99.45
50	369.65	373.18	3.53	0.704	1.254	98.75
100	345.19	800.54	455.35	90.785	92.039	7.96
200	299.87	339.11	39.24	7.823	99.863	0.14
FONDO	369.86	370.55	0.69	0.138	100.000	0.00

II. Cantera Lekersa

Tabla A-04: Análisis Granulométrico de la cantera Lekersa, muestra 1

Malla		Muestra 1				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	508.47	0.32	0.064	0.064	99.936
8	489.78	490.17	0.39	0.078	0.142	99.858
16	412.48	414.16	1.69	0.338	0.480	99.520
30	402.17	411.94	9.77	1.954	2.434	97.566
50	369.65	401.87	32.22	6.444	8.878	91.122
100	345.19	690.78	345.59	69.118	77.996	22.004
200	299.87	400.2	100.33	20.066	98.062	1.938
FONDO	369.86	379.55	9.69	1.938	100.000	0.000

Tabla A-05: Análisis Granulométrico de la cantera Lekersa, muestra 2

Malla		Muestra 2				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	508.47	0.32	0.064	0.064	99.94
8	489.78	490.17	0.39	0.078	0.142	99.86
16	412.48	414.44	1.97	0.394	0.536	99.46
30	402.17	411.78	9.61	1.921	2.457	97.54
50	369.65	400.46	30.81	6.159	8.615	91.38
100	345.19	694.95	349.76	69.913	78.528	21.47
200	299.87	396.84	96.97	19.383	97.911	2.09
FONDO	369.86	380.31	10.45	2.089	100.000	0.00

Tabla A-06: Análisis Granulométrico de la cantera Lekersa, muestra 3

Malla		Muestra 3				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	508.47	0.32	0.064	0.064	99.94
8	489.78	490.17	0.39	0.078	0.142	99.86
16	412.48	415.07	2.6	0.519	0.661	99.34
30	402.17	411.11	8.94	1.785	2.446	97.55
50	369.65	399.9	30.25	6.041	8.488	91.51
100	345.19	690.07	344.88	68.874	77.362	22.64
200	299.87	401.87	102	20.370	97.731	2.27
FONDO	369.86	381.22	11.36	2.269	100.000	0.00

III. Cantera Alfa y Omega

Tabla A-07: Análisis Granulométrico de la cantera Alfa y Omega, muestra 1

Malla		Muestra 1				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	508.47	0.32	0.064	0.064	99.936
8	489.78	492.09	2.31	0.461	0.525	99.475
16	412.48	419.57	7.1	1.418	1.943	98.057
30	402.17	409.46	7.29	1.456	3.399	96.601
50	369.65	393.06	23.41	4.675	8.074	91.926
100	345.19	656.25	311.06	62.118	70.191	29.809
200	299.87	429.2	129.33	25.827	96.018	3.982
FONDO	369.86	389.8	19.94	3.982	100.000	0.000

Tabla A-08: Análisis Granulométrico de la cantera Alfa y Omega, muestra 2

Malla		Muestra 2				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	509.01	0.86	0.172	0.172	99.83
8	489.78	492.3	2.52	0.504	0.676	99.32
16	412.48	420.17	7.7	1.540	2.215	97.78
30	402.17	409.04	6.87	1.374	3.589	96.41
50	369.65	391.39	21.74	4.347	7.936	92.06
100	345.19	646.78	301.59	60.299	68.234	31.77
200	299.87	437.57	137.7	27.531	95.765	4.23
FONDO	369.86	391.04	21.18	4.235	100.000	0.00

Tabla A-09: Análisis Granulométrico de la cantera Alfa y Omega, muestra 3

Malla		Muestra 3				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	509.81	1.66	0.332	0.332	99.67
8	489.78	492.93	3.15	0.630	0.962	99.04
16	412.48	419.95	7.48	1.496	2.458	97.54
30	402.17	409.42	7.25	1.450	3.908	96.09
50	369.65	392.42	22.77	4.554	8.461	91.54
100	345.19	661.4	316.21	63.237	71.698	28.30
200	299.87	421.06	121.19	24.236	95.934	4.07
FONDO	369.86	390.19	20.33	4.066	100.000	0.00

IV. Cantera Esperanza

Tabla A-10: Análisis Granulométrico de la cantera Esperanza, muestra 1

Malla		Muestra 1				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	508.85	0.7	0.116	0.116	99.884
8	489.78	490.66	0.88	0.146	0.262	99.738
16	412.48	413.49	1.01	0.168	0.430	99.570
30	402.17	404.37	2.2	0.366	0.797	99.203
50	369.65	415.06	45.41	7.556	8.352	91.648
100	345.19	772.71	427.52	71.134	79.486	20.514
200	299.87	415.91	116.04	19.307	98.793	1.207
FONDO	369.86	377.11	7.25	1.206	100.000	0.000

Tabla A-11: Análisis Granulométrico de la cantera Esperanza, muestra 2

Malla		Muestra 2				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	508.61	0.46	0.077	0.077	99.92
8	489.78	490.33	0.55	0.092	0.169	99.83
16	412.48	413.37	0.89	0.148	0.317	99.68
30	402.17	404.36	2.19	0.365	0.682	99.32
50	369.65	416.23	46.58	7.758	8.439	91.56
100	345.19	778.48	433.29	72.163	80.603	19.40
200	299.87	409.08	109.21	18.189	98.791	1.21
FONDO	369.86	377.12	7.26	1.209	100.000	0.00

Tabla A-12: Análisis Granulométrico de la cantera Esperanza, muestra 3

Malla		Muestra 3				
N° de malla	W_M	W_{M+M}	W_R (gr)	% W_R	% W_{RA}	% Pasante
4	508.15	508.59	0.44	0.073	0.073	99.93
8	489.78	490.25	0.47	0.078	0.151	99.85
16	412.48	413.39	0.91	0.151	0.302	99.70
30	402.17	405.65	3.48	0.578	0.881	99.12
50	369.65	416.05	46.4	7.712	8.593	91.41
100	345.19	778.69	433.5	72.053	80.646	19.35
200	299.87	409.15	109.28	18.164	98.810	1.19
FONDO	369.86	377.02	7.16	1.190	100.000	0.00

DONDE:

W_M : Masa de la malla

W_{M+M} : Masa de la malla más la muestra

W_R : Masa retenida en la malla

% W_R : Porcentaje de la masa retenida en la malla

% W_{RA} : Porcentaje de la masa retenida acumulado en la malla

HUMEDAD DE AGREGADO FINO

Tabla A-13: Contenido de humedad de las canteras estudiadas

Cantera	Muestra	W_L	W_{L+MH}	W_{L+MS}	% Humedad
Mударra	1	29.56	120.42	120.25	0.187
	2	30.57	130.52	130.37	0.150
	3	28.46	127.1	126.95	0.152
Lekersa	4	37.97	175.37	175.1	0.197
	5	40.47	161.85	161.64	0.173
	6	49.39	142.23	142.13	0.108
Alfa y Omega	7	29.91	118.86	118.69	0.191
	8	27.77	117.85	117.66	0.211
	9	30.25	129.63	129.41	0.222
Esperanza	10	34.92	173.38	173.12	0.188
	11	35.39	156.82	156.58	0.198
	12	45.45	140.53	140.35	0.190

DONDE:

W_L : Masa de la lata

W_{L+MH} : Masa de la lata más la muestra

W_{L+MS} : Masa de la lata más la muestra seca (110 ± 5 °C)

PESO UNITARIO DE AGREGADO FINOS

Tabla A-14: Peso unitario de la cantera Mudarra

Canteras		I		II		III	
		PUSS	PUCS	PUSS	PUCS	PUSS	PUCS
Mudarra	W_R (kg)	7.936	7.936	7.936	7.936	7.936	7.936
	W_{R+M} (kg)	13.471	13.948	13.299	14.049	13.279	14.016
	PU	1745.431	1895.850	1691.192	1927.700	1684.885	1917.294
Lekersa	W_R (kg)	7.936	7.936	7.936	7.936	7.936	7.936
	W_{R+M} (kg)	13.408	13.94	13.029	13.975	13.12	13.923
	PU	1725.565	1893.328	1606.049	1904.365	1634.745	1887.967
Alfa y Omega	W_R (kg)	7.936	7.936	7.936	7.936	7.936	7.936
	W_{R+M} (kg)	12.415	13.062	12.451	13.167	12.495	13.125
	PU	1412.428	1616.455	1423.780	1649.567	1437.655	1636.322
Esperanza	W_R (kg)	7.936	7.936	7.936	7.936	7.936	7.936
	W_{R+M} (kg)	12.493	13.204	12.485	13.167	12.492	13.218
	PU	1437.024	1661.234	1434.502	1649.567	1436.709	1665.649

DONDE:

W_R : Masa del recipiente

W_{R+M} : Masa del recipiente más la muestra

PU : Peso Unitario

ABSORCIÓN Y PESO UNITARIO DE AGREGADOS FINOS

Tabla A-15: Ensayo de absorción de la cantera Mudarra

Cantera		W_F	W_{F+AGUA}	W_{F+msss}	$W_{F+msss+AGUA}$	W_{MS}
Mudarra	I	175.93	674.16	571.58	920.1	392.47
	II	175.93	674.16	577.11	924.1	397.95
	III	175.93	674.16	575.65	922.24	396.51
Lekersa	I	175.93	674.16	582.13	927.57	401.82
	II	175.93	674.16	582.15	929.35	402.56
	III	175.93	674.16	584.61	931.54	404.21
Alfa y Omega	I	175.93	674.16	582.13	927.57	401.82
	II	175.93	674.16	582.15	929.35	402.56
	III	175.93	674.16	584.61	931.54	404.21
Esperanza	I	177.25	676.95	579.95	925.65	398.56
	II	177.25	676.95	585.16	935.62	399.21
	III	177.25	676.95	582.19	404.15	400.65

DONDE:

W_F : Masa de la fiola (500ml)

W_{F+AGUA} : Masa de la fiola más el agua

W_{F+msss} : Masa de la fiola más la muestra saturada superficialmente seca

$W_{F+msss+AGUA}$: Masa de la fiola más la muestra saturada superficialmente seca más el agua

W_{MS} : Masa de la muestra seca

CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA

Tabla A-16: Calidad Fisicoquímica de las canteras estudiadas

CANTERA	Salin. (%)	Conductiv. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (mg/L)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Sulfatos (SO_4^-) ppm	Alcalinidad (NaHCO_3) ppm
Mudarra	0.02	465	214	22.4	856	48
Lekersa	0.03	573	254	22.4	1028	76
Alfa y Omega	0.02	462	171.3	22.3	1085	83
Esperanza	0.04	721	233	22.5	1623	134

DONDE:

Salin. : SALINIDAD

Conductiv. : CONDUCTIVIDAD

TDS : SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS

Temp. : TEMPERATURA

APÉNDICE II: RESULTADO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

ABSORCIÓN DE MORTEROS

Tabla A-17: Absorción de las probetas de las canteras estudiadas

Cantera	Proporción	W _{SAT}	W _{SE}	W _{SUSP}	Absorción (%)
Mudarra	01:04	266.66	233.92	141.17	13.996
		271.99	238.08	143.03	14.243
		268.93	235.29	141.13	14.297
	01:06	242.04	211.03	119.96	14.695
		250.72	216.37	123.44	15.876
		250.29	217.49	122.89	15.081
	01:08	276.25	232.93	141.72	18.598
		270.84	230.09	139.16	17.710
		275.48	234.52	140.31	17.465
	01:10	265.62	217.57	129.43	22.085
		265.27	212.98	129.18	24.552
		265.13	225.58	130.18	17.533
Lekersa	01:04	290.69	253.05	151.53	14.875
		288.82	252.23	150.23	14.507
		286.08	249.75	149.72	14.547
	01:06	260.85	225.78	131.71	15.533
		277.81	240.33	140.78	15.595
		278.32	242.26	142.58	14.885
	01:08	248.17	210.5	124.58	17.895
		244.22	208.14	123.44	17.334
		247.93	210.91	122.89	17.553
	01:10	252.65	207.75	118.22	21.613
		262.35	215.11	147.33	21.961

		269.66	221.41	134.29	21.792
Alfa y Omega	01:04	277.72	243.54	151.63	14.035
		283.85	248.56	153.44	14.198
		279.73	245.28	151.96	14.045
	01:06	270.51	233.52	131.41	15.840
		268.72	232.86	130.6	15.400
		266.16	229.77	129.43	15.838
	01:08	260.93	222.68	131.5	17.177
		258.52	219.84	128.94	17.595
		263.16	224.27	130.09	17.341
	01:10	228.41	190.57	104.44	19.856
		224.27	188.75	103.58	18.819
		227.79	180.23	102.65	26.389
Esperanza	01:04	260.75	227.92	135.17	14.404
		266.83	232.08	137.03	14.973
		262.75	229.29	137.13	14.593
	01:06	240.79	205.53	111.45	17.156
		257.36	220.35	120.96	16.796
		258.79	222.88	122.71	16.112
	01:08	265.55	222.75	131.73	19.214
		262.36	219.99	128.66	19.260
		265.89	224.65	130.53	18.357
	01:10	232.15	187.96	98.19	23.510
		242.63	195.76	127.65	23.943
		249.82	201.72	114.93	23.845

DONDE:

W_{SAT} : Masa saturada de la probeta (gr)

W_{SE} : Masa seca de la probeta (gr)

W_{SUSP} : Masa suspendida de la probeta (gr)

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS

Tabla A-18: Resistencia a la compresión de las canteras estudiadas

Cantera	Proporción	Fuerza (KN)	Resist. a la Comp. del Equipo (N/mm ²)	Resist. Comp. (kg/cm ²)
Mudarra	1 : 4	39.9	16.63	168.63
		39.7	16.45	166.80
		40.01	16.65	168.83
	1 : 6	32.05	12.9	130.81
		32.12	13.03	132.12
		32.11	13.03	132.12
	1 : 8	21.1	8.427	85.45
		20.9	8.382	84.99
		20.5	8.02	81.32
	1 : 10	10.9	4.32	43.80
		11.4	4.74	48.06
		11.2	4.561	46.25
Lekersa	1 : 4	29.9	11.95	121.17
		29.1	11.736	119.00
		29.2	11.75	119.15
	1 : 6	27.1	10.83	109.82
		26.8	10.65	107.99
		26.4	10.54	106.88
	1 : 8	17.8	7.486	75.91
		17.5	7.045	71.44
		18.1	7.552	76.58
	1 : 10	10.6	4.1	41.57
		10.8	4.19	42.49
		10.5	4.02	40.76

Alfa y Omega	1 : 4	27.5	11.12	112.76
		27.5	11.04	111.95
		27.1	10.85	110.02
	1 : 6	20.4	8.182	82.97
		20.6	8.222	83.37
		20.6	8.25	83.66
	1 : 8	16.3	6.555	66.47
		16.4	6.568	66.60
		16	6.39	64.79
	1 : 10	6.5	3.15	31.94
		6.5	3.12	31.64
		6.1	2.98	30.22
Esperanza	1 : 4	22.7	9.063	91.90
		22.5	9.01	91.36
		22.7	9.075	92.02
	1 : 6	18.7	7.499	76.04
		18.5	7.32	74.22
		18.7	7.5	76.05
	1 : 8	15.4	6.151	62.37
		15.9	6.395	64.85
		16.1	6.443	65.33
	1 : 10	3.8	1.95	19.77
		3.8	1.91	19.37
		3.6	1.89	19.16

CAPILARIDAD

I. Cantera Mudarra

Tabla A-19: Ensayo de Capilaridad de la cantera Mudarra

	Tiempo (Seg)	Mudarra											
		1:4			1:6			1:8			1:10		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0 min	0	237.38	238.83	246.94	228.69	222.59	224.4	214.64	208.63	210.76	195.31	206.83	202.04
1 min	60	242.13	242.74	251.11	238.7	241.37	240.79	247.84	244.37	246.25	232	243.38	238.16
5 min	300	244.09	244.13	252.95	242.7	245.17	243.54	248.02	244.17	246.13	232.18	243.49	238.29
10 min	600	245.4	245.1	254.17	244.95	247.23	246.27	247.83	244.02	245.91	243.99	243.52	238.38
20 min	1200	247.94	247.12	256.41	248.48	249.9	248.22	247.68	243.83	245.74	231.77	243.33	238.11
30 min	1800	249.47	247.3	259.49	251.24	250.49	250.16	247.77	243.92	245.6	231.87	243.29	238.36
1h	3600	254.21	251.85	262.02	252.94	250.45	251.05	247.79	243.96	245.69	232.12	243.04	238.06
2h	7200	260.13	257.06	267.18	254.48	251	251.27	247.77	244.13	245.73	232.08	243.33	238.29
3h	10800	263.56	261.93	271.49	254.8	250.81	251.19	247.63	244.06	245.62	232.11	243.05	238.02
4h	14400	264.35	263.59	273.04	255.06	251.04	251.28	247.7	244.1	245.72	231.91	243.21	238.27
5h	18000	264.57	265.22	273.84	255.21	251.01	251.26	247.83	243.85	245.86	232.19	243.34	238.31
6h	21600	264.69	265.59	273.98	255.34	251.05	251.31	247.74	244.03	245.65	232.14	243.29	238.47

1d	92220	264.91	265.83	274.11	256.05	251.38	251.52	249.93	244.1	245.8	232.42	243.41	238.54
2d	193200	265.18	266.08	274.45	256.25	251.45	251.94	248.07	244.17	246.11	232.58	243.59	238.67
3d	268500	265.23	266.21	274.5	256.38	251.56	251.94	248.26	244.27	245.92	232.5	243.72	238.79
4d	345600	265.4	266.38	247.69	256.68	251.72	252.25	248.61	244.59	246.37	232.93	243.95	238.89
5d	432000	265.52	266.49	274.73	256.64	251.84	252.5	248.54	244.72	246.44	233.18	244.02	239.04
6d	527580	265.55	266.54	274.78	256.64	251.85	252.27	248.54	244.75	246.53	233.27	244.02	239.09
7d	622200	265.59	266.57	274.8	256.66	251.85	252.28	248.57	244.79	246.52	233.27	244.03	239.08
8d	691200	265.6	266.61	274.84	256.75	251.87	252.35	248.62	244.79	246.56	233.32	244.06	239.12

II. Cantera Lekersa

Tabla A-20: Ensayo de Capilaridad de la cantera Lekersa

	Tiempo (Seg)	Lekersa											
		1:4			1:6			1:8			1:10		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0 min	0	241.94	244.06	236.34	224.77	227.92	225.17	222.74	221.32	223.92	214.5	212.71	212.7
1 min	60	246.67	248.65	242.06	235.2	238.85	238.61	243.65	245.18	252.06	249.99	248.01	247.19
5 min	300	247.99	250.16	243.57	237.01	240.92	240.65	249.17	248.04	253.59	249.88	247.82	247.02
10 min	600	248.98	251.14	244.81	238.42	242.45	241.79	251.47	249.66	253.9	249.78	247.65	246.88
20 min	1200	250.93	253.31	247.17	241.43	245.11	243.89	253.31	251.39	253.35	249.64	247.67	246.85
30 min	1800	252.89	255.71	249.64	244.67	247.82	245.7	254.04	251.87	253.52	249.76	247.78	246.81
1h	3600	255.95	259.27	253.43	249.57	251.11	248.47	253.61	252.16	254.08	250	247.75	246.82
2h	7200	261.17	264.93	259.23	253.05	254.2	252.37	253.82	252.46	254.27	249.94	249.8	246.82
3h	10800	265.44	268.84	262.26	252.7	254.86	252.67	253.73	252.66	254.25	250.21	247.77	246.75
4h	14400	266.91	270.15	262.6	252.7	254.89	252.58	253.72	252.37	254.39	249.86	247.68	246.81
5h	18000	268.28	270.96	262.86	252.74	255	252.64	253.87	252.52	254.55	249.9	247.8	246.96
6h	21600	268.59	271.18	263.05	252.85	255.11	252.7	253.89	252.62	254.6	249.81	247.88	246.92
1d	92220	268.94	271.36	263.39	253.02	255.31	252.98	254.17	252.97	254.9	250	247.99	247.12

2d	193200	269.03	271.57	263.43	253.11	255.48	253.06	254.31	253.04	255.09	250.15	248.21	247.24
3d	268500	269.12	271.67	263.48	253.19	255.62	253.17	254.45	253.17	255.16	250.23	248.31	247.4
4d	345600	269.3	271.86	263.69	253.39	255.78	253.43	254.69	253.41	255.41	250.37	248.52	247.58
5d	432000	269.35	271.96	263.75	253.47	255.86	253.42	254.74	253.43	255.45	250.49	248.61	247.6
6d	527580	269.4	271.99	263.75	253.5	255.86	253.47	254.74	253.55	255.51	250.5	248.63	247.62
7d	622200	269.46	271.98	263.79	253.59	255.87	253.49	254.8	253.59	255.63	250.69	248.65	247.63
8d	691200	269.45	272	263.77	253.68	255.96	253.53	254.92	253.67	255.69	250.75	248.65	247.71

III. Cantera Alfa y Omega

Tabla A-21: Ensayo de Capilaridad de la cantera Alfa y Omega

	Tiempo (Seg)	Lekersa									
		1:4			1:6			1:8		1:10	
		A	B	C	A	B	C	A	B	A	B
0 min	0	241.07	244.19	240.92	223.09	230.31	228.51	210.56	212.38	216.13	208.34
1 min	60	243.75	245.97	243.57	238.05	239.07	239.54	230.69	235.43	248.21	232.26
5 min	300	245.81	247.18	245.03	241.77	243.28	242.91	236.03	239.52	250.52	237.54
10 min	600	246.94	247.97	245.95	243.87	245.87	244.84	236.44	239.79	250.78	238.29
20 min	1200	249.12	249.41	247.64	246.98	248.59	248.09	236.84	240.12	251.08	238.74
30 min	1800	250.78	250.85	250.81	250.63	249.05	248.58	236.95	240.35	251.23	238.92
1h	3600	254.63	253.59	252.18	250.02	252.3	254.4	237.22	240.62	251.34	239.29
2h	7200	260.08	257.85	256.68	250.23	255.2	254.7	237.6	240.78	251.78	239.62
3h	10800	263.96	261.31	260.52	249.99	256.05	254.36	237.63	241.13	251.86	239.84
4h	14400	265.51	262.94	262.18	250.18	256.27	254.56	238.15	241.29	252.11	239.91
5h	18000	267.08	265	264.25	250.1	256.22	254.52	238.17	241.22	252.6	240.08
6h	21600	267.52	266.38	265.76	250.14	256.22	254.56	238.2	241.38	252.78	240.48
1d	92220	267.93	268.14	266.26	250.48	256.29	254.85	238.94	241.89	253.36	240.93

2d	193200	268.07	268.57	267.43	250.6	256.38	254.9	239.28	242.03	253.5	241.33
3d	268500	268.12	268.61	267.44	250.56	256.55	255.04	240.46	243.08	253.85	242.67
4d	345600	268.42	268.79	267.75	250.91	256.79	255.25	239.71	243.19	254.06	241.98
5d	432000	268.39	268.87	267.73	250.93	256.88	255.35	239.96	242.88	254.39	242.07
6d	527580	268.4	268.97	267.74	251	256.92	255.37	240.33	243.05	254.5	242.22
7d	622200	268.57	268.99	267.81	251.12	256.93	255.46	240.42	243.24	254.81	242.39
8d	691200	268.62	269.01	268	251.22	257.06	255.59	240.57	243.43	255.07	242.51

IV. Cantera Esperanza

Tabla A-22: Ensayo de Capilaridad de la cantera Esperanza

Tiempo (Seg)	Lekersa											
	1:4			1:6			1:8		1:10			
	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	
0 min	0	240	235.18	243.23	222.82	225.16	224.13	240.25	235.74	234.95	222.53	221.86
1 min	60	243.38	238.17	245.99	237.15	239.84	238.7	239.02	243.45	235.87	226.6	243.26
5 min	300	244.57	239.32	246.92	239.89	243.59	241.06	240.46	244.37	235.99	227.97	245.41
10 min	600	245.42	240.16	247.73	241.53	244.48	242.6	241.95	245.8	236.09	230.6	246.47
20 min	1200	247.1	241.66	249.29	244.43	247.44	245.37	243.78	247.53	239.85	233.65	247
30 min	1800	250.08	250.44	248.21	242.88	250.27	246.46	244.17	248.69	243.15	235.77	247.58
1h	3600	251.13	245.79	253	249.86	251.6	250.97	246.98	251.67	248.62	240.53	247.72
2h	7200	255.29	250.16	257.01	250.1	251.94	251.61	248.45	254.15	252	242.44	248.34
3h	10800	258.86	253.74	260.48	249.44	251.51	251.41	249.28	255.58	252.97	243.08	248.65
4h	14400	259.63	255.34	262.46	249.92	251.81	251.5	250.09	256.14	253.6	243.47	248.82
5h	18000	262.56	257.57	264.69	249.85	251.69	251.47	250.17	256.87	253.9	244.08	248.98
6h	21600	264	259.25	266.4	249.93	251.8	251.54	250.81	257.4	254.6	244.18	249.48
1d	92220	264.92	260.93	267.54	250.05	251.95	251.73	253	259.63	256.15	245.37	250.03

2d	193200	265.58	262.3	269.01	250.28	252.11	251.82	253.82	260.69	256.84	246.23	250.75
3d	268500	265.65	262.43	269.08	250.33	252.23	251.88	253.67	261.7	257.24	247.55	251.2
4d	345600	265.83	262.61	269.29	250.55	252.61	252	254.85	261.72	257.87	247.06	251.33
5d	432000	265.8	262.65	269.38	250.7	252.65	252.26	255.32	261.75	258.26	247.2	251.41
6d	527580	265.89	262.7	269.41	250.72	252.66	252.27	255.64	261.93	258.52	247.5	251.7
7d	622200	265.9	262.75	269.46	250.8	252.68	252.35	255.95	262.19	258.69	247.71	251.77
8d	691200	265.9	262.81	269.5	250.83	252.71	252.4	256.14	262.25	258.91	247.83	251.9

APÉNDICE III: REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura N°A1. Extracción de arena fina, en la cantera Mudarra



Figura N°A2. Extracción de arena fina, en la cantera Esperanza



Figura N°A3. Cantera Alfa y Omega



Figura N°A4. Valor de la salinidad en la cantera Esperanza



Figura N°A5. Medición de TDS de los agregados finos



Figura N°A6. Ejecución de ensayo de Peso Unitario



Figura N°A7. Colocado de probetas en el recipiente para eflorescencia



Figura N°A8. Medición de la conductividad de los agregados finos



Figura N°A9. Determinación del contenido de humedad



Figura N°A10. Ensayo de Análisis Granulométrico mecánico



Figura N°A11. Secado de la arena saturada



Figura N°A12. Muestra de arena fina, saturada superficialmente seca



Figura N°A13. Enrasado del molde para peso unitario



Figura N°A14. Granulometría manual de los agregados finos



Figura N°A15. Ruptura de las probetas a 28 días de curado

ANEXO

ANEXO I: RESULTADO DE ANALISIS DE SULFATOS, LABORATORIO DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA (CUATRO MUESTRAS)