



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

LADRILLOS ELABORADOS CON MORTERO DE ARCILLA Y CEMENTO

PORTLAND TIPO I.

AUTOR:

NINEL ESTEFANÍA SANTILLÁN ALARCÓN

TUTOR:

Ing. Marco Javier Palacios

RIOBAMBA - ECUADOR

2018

REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “LADRILLOS ELABORADOS CON MORTERO DE ARCILLA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I.” presentado por **Ninel Estefanía Santillán Alarcón** y dirigida por: Ing. Javier Palacios. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Oscar Paredes

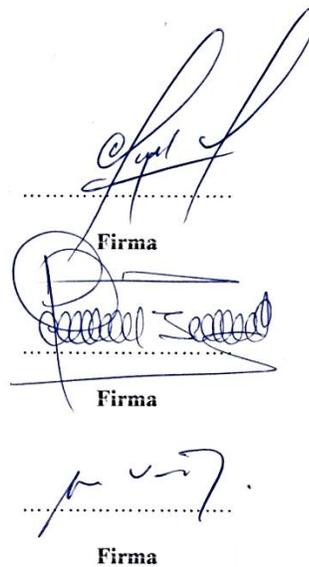
Miembro del Tribunal

Ing. Javier Palacios

Director del Proyecto

Dr. Víctor García

Miembro del Tribunal



Firma

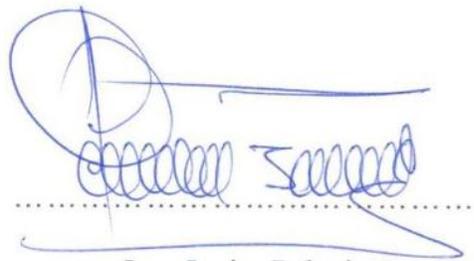
Firma

Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Javier Palacios**, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: “LADRILLOS ELABORADOS CON MORTERO DE ARCILLA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a la Señorita **Ninel Estefanía Santillán Alarcón**, para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,

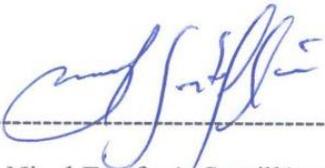


Ing. Javier Palacios

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: Ninel Estefanía Santillán Alarcón e Ing. Javier Palacios; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Srta. Ninel Estefanía Santillán Alarcón
C.I. 060431808-9

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi familia por siempre haber visto lo bueno y haberme apoyado en todo lo que me he propuesto, pero de manera muy especial quiero agradecer a mi padre, sin su ayuda y esfuerzo no habría llegado tan lejos.

A mis amigos que han sido una parte y apoyo muy importante, su ayuda y cariño han impulsado mi motivación para seguir.

Y de manera especial extendiendo mi agradecimiento al Ingeniero Marco Javier Palacios, quien como tutor y docente me ha prestado su guía durante el desarrollo del presente proyecto investigativo.

Por: Ninel Estefanía Santillán Alarcón

DEDICATORIA

Mi proyecto de investigación quiero dedicar mis padres Marco Santillán y Susana Alarcón, a mis hermanos Dimitri y Sofía y sobre todo a mi pequeña Sofía Isabella, quienes son mi motivación más importante en la vida, porque gracias a su cariño, sacrificio, esfuerzo y apoyo han hecho posible que pueda culminar mi carrera profesional.

Por: Ninel Estefanía Santillán Alarcón.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| ÍNDICE GENERAL | VII |
| ÍNDICE DE TABLAS | IX |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | X |
| RESUMEN | XI |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS..... | 3 |
| 2.1. Objetivo General..... | 3 |
| 2.2. Objetivos Específicos: | 3 |
| 3. MARCO TEÓRICO:..... | 4 |
| 4. METODOLOGÍA..... | 8 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 2 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 12 |
| 6.1. Conclusiones..... | 12 |
| 6.2. Recomendaciones | 13 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA..... | 14 |
| 8. ANEXOS..... | 17 |
| Anexo 1. Granulometría..... | 17 |
| Anexo 2. Límite Líquido de las arcillas..... | 23 |
| Anexo 3. Límite plástico de las arcillas | 25 |

| | |
|--|----|
| Anexo 4. Resistencia a la Compresión de los mampuestos. | 27 |
| Anexo 5. Resistencia a la Flexión de los mampuestos. | 29 |
| Anexo 6. Porcentaje de Absorción de los mampuestos. | 30 |
| Anexo 8. Evidencias fotográficas. | 31 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Composición Química de las Arcillas..... | 7 |
| Tabla 2. Resumen del ensayo granulométrico de las arcillas. | 3 |
| Tabla 3. Resumen del porcentaje de humedad de las arcillas..... | 4 |
| Tabla 4. Resumen del límite líquido de las arcillas. | 5 |
| Tabla 5. Resumen del límite plástico de las 2 arcillas. | 6 |
| Tabla 6. Dosificaciones de los mampuestos. | 7 |
| Tabla 7. Resistencia a la compresión de los mampuestos..... | 7 |
| Tabla 8. Resumen de Resistencia a Flexión de los mampuestos. | 8 |
| Tabla 9. Porcentaje de absorción de los mampuestos..... | 9 |
| Tabla 10. Análisis de costo de producción por unidad de mampuesto | 11 |
| Tabla 11. Primera Granulometría- arcilla mina Cochancay (M1). | 17 |
| Tabla 12. Segunda Granulometría- arcilla mina Cochancay (M1). | 18 |
| Tabla 13. Tercera Granulometría- arcilla mina Cochancay (M1)..... | 19 |
| Tabla 14. Primera Granulometría- arcilla mina Santa Clara (M2). | 20 |
| Tabla 15. Segunda Granulometría- arcilla mina Santa Clara (M2). | 21 |
| Tabla 16. Tercera Granulometría- arcilla mina Santa Clara (M2)..... | 22 |
| Tabla 17. Datos Límite Líquido - mina Cochancay (M1)..... | 23 |
| Tabla 18. Datos Límite Líquido- mina Santa Clara (M2)..... | 24 |
| Tabla 19. Datos Límite plástico- mina Cochancay (M1)..... | 25 |
| Tabla 20. Datos Límite plástico- mina Santa Clara (M2)..... | 26 |
| Tabla 21. Datos de la Resistencia a la compresión de M1 | 27 |
| Tabla 22. Datos de la Resistencia a la compresión de M2..... | 28 |

| | |
|--|----|
| Tabla 23. Datos de la Resistencia a la flexión de M1..... | 29 |
| Tabla 24. Datos de la Resistencia a la flexión de M2..... | 29 |
| Tabla 25. Datos del porcentaje de absorción de M1 | 30 |
| Tabla 26. Datos del porcentaje de absorción de M2 | 30 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1: Metodología empleada | 8 |
| Gráfico 2: Prensa para adobes | 11 |
| Gráfico 3. Resumen del ensayo granulométrico de las 2 arcillas. | 3 |
| Gráfico 4. Resumen del porcentaje de humedad de las arcillas..... | 4 |
| Gráfico 5. Curvas del límite líquido de las dos arcillas. | 5 |
| Gráfico 6. Límite plástico de las arcillas..... | 6 |
| Gráfico 7. Curva de Resistencia a la Compresión de los mampuestos | 8 |
| Gráfico 8. Resistencia a la flexión de los mampuestos..... | 9 |
| Gráfico 9. Porcentaje de absorción de los mampuestos..... | 10 |
| Gráfico 10. Primera curva Granulométrica Mina Cochancay..... | 17 |
| Gráfico 11. Segunda curva Granulométrica Mina Cochancay. | 18 |
| Gráfico 12. Tercera curva Granulométrica Mina Cochancay. | 19 |
| Gráfico 13. Primera curva Granulométrica mina Santa Clara. | 20 |
| Gráfico 14. Segunda curva Granulométrica mina Santa Clara. | 21 |
| Gráfico 15. Tercera curva Granulométrica mina Santa Clara..... | 22 |
| Gráfico 16. Límite Líquido -arcilla de la mina Cochancay | 23 |
| Gráfico 17. Límite Líquido - arcilla mina Santa Clara | 24 |

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo elaborar ladrillos con mortero de arcilla y Cemento Portland tipo I, con el fin de evaluar su viabilidad conforme a sus propiedades mecánicas dentro la industria de la construcción, dando una alternativa que cumpla con las exigencias de los profesionales encargados de la construcción.

Con el fin de evaluar las propiedades físicas de la materia prima, se realizaron comparaciones entre dos tipos de arcillas, la primera proveniente de la mina Cochancay (Azuay) y la arcilla de la mina Santa Clara (vía Puyo-Tena). Se elaboraron un total de 35 probetas con cada mezcla, las cuales se ensayaron a los 7, 14, 21 y 28 días, caracterizando las propiedades mecánicas de los mampuestos.

Los resultados muestran que los mampuestos de la mina Cochancay exhiben resistencias de compresión de 5.66 MPa, módulo de rotura de 0.374 MPa y absorción de agua del 14.52%; mientras que los mampuestos elaborados con la arcilla de la mina Santa Clara exhiben resistencias a la compresión de 1.19 MPa, módulo de rotura de 0.313 MPa y absorción de agua del 9.14% respecto al peso del mampuesto seco. Determinando así que los mampuestos elaborados con la arcilla de la mina Cochancay son viables dentro de la industria de la construcción.

La retracción, el análisis económico y exploración de nuevas formas constructivas, de los mampuestos elaborados con mortero de arcilla y cemento Portland tipo I son aspectos que requieren mayor investigación.

Palabras clave: ladrillos, arcilla, compresión, flexión, absorción.

ABSTRACT

The objective of the present research is to build bricks made by clay mortar and Portland cement type I, its purpose is evaluating bricks viability according its mechanic properties within building industry, getting a choice which fulfill all requirements of professional's managers of construction. With the objective of evaluation of the physical's properties of the raw materials, we make a comparison between the two types of clay, the first sample comes from the Cochancay mine (Azuary) and the other one from Santa Clara mine (via Puyo-Tena). We elaborated a total of 35 test tubes with each sample, those sample were tested at 7,14,21 and 28, setting apart the mechanical properties of the wall. The results showed that the wall from the Cochancay mine, exhibit pressure resistance of 5.66 MPa, a break module of 0.374 MPa and a water absorption rate of 9.14% according to the weight of the dry wall. Showing that the wall made of clay from Cochancay mines are doable in the construction industry. The retraction, the economic result and exploration of new ways of constructions, of the walls elaborated with clay and Portland type I are aspects that required a lot more information and research.

Key words: bricks, clay, compression, flexion, absorption.

Reviewed by: Chávez, Maritza



Language Center Teacher

1. INTRODUCCIÓN

Para empresas encargadas en la fabricación de mampuestos, es fundamental la obtención de mezclas óptimas necesaria para poder constituir bloques o ladrillos destinados a la construcción.

La utilización de sustitutos amigables con el medio ambiente es tema de gran interés, disminuir las emisiones de CO₂ que se generan con los ladrillos cocidos realizados artesanalmente en el país, es la problemática situación que muchos han tratado con la creación de alternativas ecológicas y con resistencias mayores. Por lo tanto, es necesario empezar a explorar nuevos materiales de construcción que constituyan los mampuestos, que a su vez cubran todas las expectativas exigidas por los técnicos vinculados a la construcción, tomando en cuenta aspectos técnicos, económicos, sociales y ecológicos.

La protección del medio ambiente, también es una necesidad que está despertando interés en todos los sectores, tal es así como al momento de planificar o construir una vivienda se podrá contar con de los ladrillos ecológicos, que están elaborados de suelo-cemento o suelo-cal u otros. Además, hay que considerar que los ladrillos convencionales dañan el medio ambiente porque utilizan leña y otros materiales para su cocimiento; uno de los grandes beneficios de los ladrillos considerados ecológicos es que pueden regular la temperatura interna de la vivienda. Por este motivo, una de estas alternativas es la de analizar el tipo de ladrillo suelo-cemento tomando en cuenta los beneficios que dará, tanto en el ámbito económico, ecológico y en su resistencia.

Los resultados obtenidos en países latinoamericanos han demostrado una buena calidad y desempeño, los sistemas constructivos son simples y la inversión en equipamiento es mínima.

Se ha visto la necesidad de ayudar al medio ambiente, reduciendo la cocción de los ladrillos, habiendo alternativas ecológicas con los distintos tipos de ladrillos, como son los de cenizas de carbón, cañamo y paja, plástico usado, entre otros.

El ladrillo elaborado por Angumba (2016), fue realizado con 25% de adición de PET (Polietileno Tereftalato), que se obtuvo de la trituración de botellas plásticas, exhibiendo los mejores resultados de resistencia a la compresión con un promedio de 268,03 kg/cm².

Chimbo (2017) presenta otra alternativa, los ladrillos prensados interconectables elaborados con Cangahua y Barro con porcentaje de cemento añadido de 15% y 20%, mismos que alcanzaron resistencias mínimas de 3MPa (30 kg/cm²).

Por tal motivo, la presente investigación tiene como finalidad crear un ladrillo de mortero de arcilla y cemento Portland tipo I con propiedades similares o mejores a los antes mencionados, cumpliendo con las dosificaciones presentadas por Chimbolema (2017).

Por consiguiente, se planteó la siguiente pregunta de investigación. ¿Cuál será el comportamiento a flexión, compresión y absorción de agua, de ladrillos elaborados con mortero de arcilla y cemento Portland tipo I?

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Elaborar ladrillos de mortero de arcilla y cemento Portland tipo I, para evaluar su viabilidad en la industria de la construcción.

2.2. Objetivos Específicos:

Determinar las características físicas y químicas de las arcillas destinadas a la elaboración de los mampuestos.

Diseñar y fabricar la mezcla de mortero de arcilla y cemento portland tipo I

Describir las propiedades mecánicas: resistencia a la flexión, compresión y porcentaje de absorción de agua de los mampuestos.

3. MARCO TEÓRICO:

Pensar y tomar conciencia del planeta es el objetivo principal de muchos, por eso la utilización de nuevos materiales, ecológicos, que permitan ahorrar energía al planeta y sobre todo que tengan propiedades mucho más favorecedoras, con costos de explotación menores ha interesado a investigadores en los últimos años.

Uno de los propósitos fundamentales de la construcción, particularmente de las viviendas, es proveer de adecuadas, estables y permanentes condiciones de habitabilidad a sus moradores, con prioridad en el confort (Aguilar & Lagos, 2010).

Arias & Blanco (2013) afirman que un material es considerado sostenible, cuando éste requiere menor esfuerzo para ser manipulado, y de menor condición contaminante cuando se halla a menor distancia de la obra, exigiendo menor energía para su consumo, menos generación de residuos y menos emisiones de CO₂ a la atmósfera a cuenta de su transporte.

Existen distintos tipos de mampuestos o ladrillos, entre éstos están los prensados interconectables o ladrillos modulares, hechos de una mezcla de cemento, suelo (arena, arcilla, barro, entre otros) y agua. Estos mampuestos se combinan de una manera especial para luego ser prensado, manual o mecánicamente, los cuales poseen características favorables resistentes a presiones mecánicas, debido a las partículas de suelo quedan firmemente adheridas por su prensado y así se reduce el espacio intergranular debido al aumento de la superficie relativa del contacto grano-cemento (Chimbo, 2017). De este modo el cemento empleado adquiere mayor eficiencia aún en proporciones mínimas. Como resultado se obtiene un ladrillo de mayor densidad, altamente compacto, con excelentes propiedades resistentes a cargas mecánicas. Poseen la característica de ser mampuestos, es decir, sus dimensiones permiten manipularlos cómodamente con una mano.

Además, se conoce que otras de las ventajas de este tipo de mampuesto, es que no necesita cocción con combustibles fósiles, por lo que no contamina durante el proceso con algún tipo de emisión y por consecuencia no sufren contracción y deformación.

Chimbo (2017) también menciona que el principal beneficio a corto plazo es el costo de cada ladrillo, el cual significa entre un tercio y un cuarto del precio del ladrillo convencional. Es posible elaborarlo en la obra, con la disponibilidad de los materiales y de la prensadora, con esto se evita costos adicionales de flete, con una espera de 7 días el ladrillo estará fraguado y listo para su uso.

Como lo indica Jiménez (2002), las ventajas de los ladrillos prensados o ladrillos modulares son las siguientes:

- Disminución del tiempo de construcción en un 30% con relación a la albañilería convencional, debido al diseño de encajamiento modular que tienen los ladrillos.
- Economía en el costo final, hasta de un 40% en las paredes de ladrillos ecológicos en relación con los ladrillos o bloques de arcilla cocido.
- Los ladrillos ecológicos son curados en agua y sombra, mientras que los ladrillos convencionales que dependen de la quema de leña en hornos y contribuyen a la deforestación y a la quema.
- Mayor durabilidad que el ladrillo común, pues llega a ser hasta 6 veces más durables.

Todas estas ventajas, así como la suma de sus características fisicoquímicas y económicas generan un producto sustituyente de la unidad tradicional de construcción, siendo su principal característica su aporte como alternativa ecológica responsable y sustentable a las distintas solicitudes de mampuestos.

La arcilla-cemento es la mezcla homogénea de la arcilla pulverizada con determinadas cantidades de cemento Portland y agua, de esta manera se obtiene un nuevo material resistente a los esfuerzos de compresión, prácticamente impermeable, termo aislante y estable en el tiempo, es una verdadera alternativa de solución a la demanda de vivienda de sectores de medianos y bajos recursos (Toirac Corral, 2008).

Las mezclas de arcilla-cemento como material de construcción deben cumplir varios requisitos, entre ellos ser económicas y tener la suficiente durabilidad. Esto se cumple en la gran mayoría de los casos cuando existe un predominio de las fracciones gruesas y la suficiente fracción fina que aporta la cohesión necesaria para poder trabajar con esta mezcla. (Chiguay, 2007)

Los ensayos realizados por Chimbo (2017) a ladrillos prensados interconectables de Barro y Cangahua al 15%, mostraron resistencias a compresión de 35.33 kg/cm², siendo la resistencia mínima a la compresión del ladrillo tipo I de 4.9 MPa.

Vargas (2016) presentó una propuesta de adobes PET (Polietileno Tereftalato), lo cuales fueron fabricados por mortero en proporciones 1:3 y 4 botellas plásticas de 200 ml cada una llena con tierra compactada, las cuales exhiben una absorción de agua que no sobrepasa el 1% del peso seco del mampuesto.

Chimbolema (2017) utilizó en su investigación arcillas de las minas Cochancay y Santa Clara, las cuales fueron sometidas a un ensayo de fluorescencia por rayos x.

Estas arcillas exhibieron una mayor concentración de silicio, aluminio y hierro, su composición no se aleja mucho del rango óptimo, teniendo en cuenta que, para la fabricación materiales de construcción, deben tener un contenido de SiO₂ entre 50 y 60%, así como entre 20 y 30 % de Al₂O₃, por lo que se pueden usar como material para la construcción. Se puede apreciar

que la arcilla de la mina Cochancay tiene un alto contenido de hierro por lo que presenta una mayor resistencia.

Los resultados de dicho ensayo se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición Química de las Arcillas

| Mina Cochancay | | Mina Santa Clara | |
|------------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|
| Compuestos | Concentración | Compuestos | Concentración |
| <i>SiO₂</i> | 39,95% | <i>SiO₂</i> | 57,82% |
| <i>Al₂O₃</i> | 25,57% | <i>Al₂O₃</i> | 22,71% |
| <i>Fe₂O₃</i> | 21,21% | <i>Fe₂O₃</i> | 1,17% |
| <i>TiO₂</i> | 2,09% | <i>K₂O</i> | 2,03% |
| <i>MgO</i> | 1,23% | <i>TiO₂</i> | 1,03% |
| <i>Na₂O</i> | 0,47% | <i>MgO</i> | 0,78% |
| <i>CaO</i> | 0,40% | <i>Na₂O</i> | 6,70% |
| <i>MnO</i> | 0,35% | <i>CaO</i> | 0,40% |
| <i>K₂O</i> | 0,14% | <i>P₂O₅</i> | 0,15% |
| <i>SO₃</i> | 0,11% | <i>MnO</i> | 0,06% |
| <i>V₂O₅</i> | 0,05% | <i>V₂O₅</i> | 0,04% |
| <i>Cr₂O₃</i> | 0,05% | <i>ZrO₂</i> | 0,03% |
| <i>P₂O₅</i> | 0,04% | <i>SO₃</i> | 0,02% |
| <i>CuO</i> | 0,04% | <i>ZnO</i> | 0,02% |
| <i>NiO</i> | 0,02% | <i>Cr₂O₃</i> | 0,02% |
| <i>ZnO</i> | 0,02% | <i>SrO</i> | 1,00% |
| <i>ZrO₂</i> | 0,01% | <i>Rb₂O</i> | 1,00% |

Fuente: Adaptado de Chimbolema (2017).

4. METODOLOGÍA

En el gráfico 1 se demuestra el proceso empleado para el desarrollo de la investigación, el cual detalla de manera general los pasos seguidos.

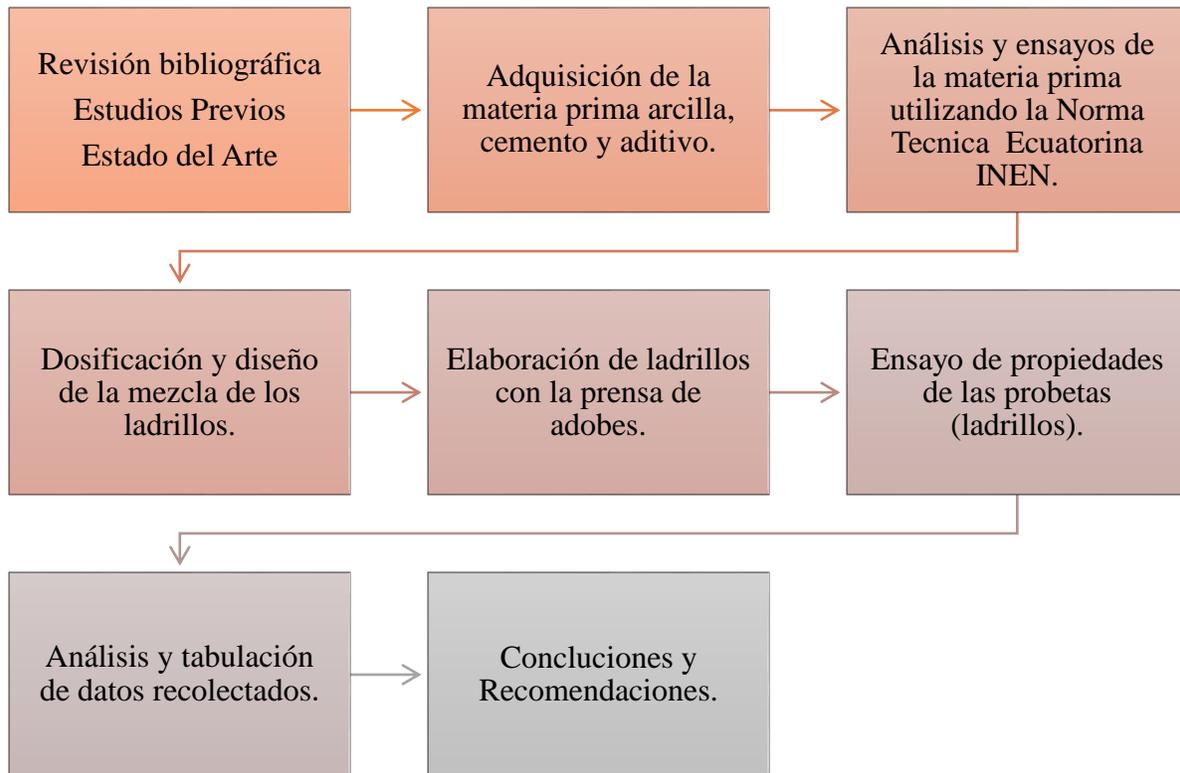


Gráfico 1: Metodología empleada

Elaborado por: Ninel Santillán.

Esta investigación fue de carácter exploratorio, debido a que, al realizar los distintos ensayos, éstos establecen una descripción lo más completa posible, de las características mecánicas de los mampuestos elaborados con mortero de arcilla y cemento Portland tipo I.

Se realizó una revisión bibliográfica utilizando como fuentes artículos científicos, bases de datos como Scopus, Scielo, ProQuest, ASCE y publicaciones encontradas en la base de datos de repositorios digitales de universidades, siendo los repositorios universitarios la mayor fuente para determinar el problema de esta investigación.

También en buscadores web como Google académico, con el objeto de tener información actualizada y real sobre el tema de investigación.

- **Adquisición de la materia prima**

La materia prima se adquirió en lugares cercanos a la ciudad, en el caso de la arcilla se obtuvo de la mina Cochancay ubicada en la Sierra que pertenece a la Cemento Chimborazo y la mina Santa Clara ubicada en la vía “Puyo-Tena” (Oriente), se utilizó cemento Portland tipo I suministrado por Cemento Chimborazo y aditivo plastificante “Plastocrete 161 HE” (CaCl_2 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_3$)

- **Análisis y ensayos de la materia prima**

Las muestras de arcillas fueron llevadas al laboratorio de ensayo de materiales, donde se realizaron los análisis físicos, con el fin de determinar sus propiedades de granulometría, en concordancia con la norma INEN 696. El procedimiento se inicia colocando las muestras de las arcillas en bandejas metálicas, para colocar al horno a una temperatura de $150\text{ }^\circ\text{C}$, por un tiempo de 24 horas, lo que permite eliminar el contenido de humedad del material, después de haber transcurrido el tiempo de secado, se toma 65 g de la muestra en una bandeja metálica, luego se ordena los tamices: $3/8''$, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y el N° 100 en orden descendente y se coloca en la máquina tamizadora por 5 minutos, una vez tamizada se retira cuidadosamente y se procede a registrar los pesos acumulados en cada uno de los tamices. Por último, se calcula y tabula los datos obtenidos.

El contenido de humedad de las muestras se obtuvo siguiendo lo descrito en la norma INEN 690. Este proceso se obtiene colocando la muestra en unos recipientes y se procede a pesarlos para luego colocarlo al horno a una temperatura de 105° C por 24 horas, transcurrido este tiempo se procede a pesar y tabular los datos obtenidos.

Así mismo, se obtuvieron los límites de Atterberg. Según la norma INEN 691, para la determinación del límite líquido de la muestra se utiliza el equipo Casagrande, el procedimiento se inicia tomando 250 g del material que pasa el tamiz Nro. 100 y se coloca en una fuente de porcelana, se añade poca de agua sobre la muestra y se mezcla completamente, luego se coloca una cantidad en la copa y se extiende con la ayuda de la espátula evitando que se quede atrapado burbujas de aire; además con ayuda del acanalador se realiza un canal en la muestra y se procede a girar la manecilla de Casagrande a una velocidad de 2 revoluciones por segundo (r/s), después se debe registrar los golpes al momento que las dos mitades de la muestra se ponga en contacto al fondo del canal, por ultimo anotar el número de golpes y se calcula y tabula los datos obtenidos.

Según la norma INEN 692, para la determinación del límite plástico de la muestra, se añade agua y se mezcla completamente en la fuente de porcelana hasta conseguir una pasta homogénea y se toma una porción aproximadamente de 10 g de la muestra y se moldea con ayuda de los dedos y una placa de vidrio, hasta formar un rollo de 3 mm de diámetro, se recoge las porciones desmenuzadas de los rollos de suelo en un recipiente metálico, después se pesa y se coloca en el horno por 24 horas, para determinar el contenido de agua, por último se calcula y tabula los datos obtenidos.

La composición química de las arcillas se obtuvo mediante el ensayo de fluorescencia de rayos x, las cuales muestran los componentes químicos que contiene cada una de ellas, se tomó de lo descrito en la tesis de Chimbolema (2017).

- **Elaboración de los mampuestos**

Previa a la elaboración de los mampuestos fue necesaria la trituración de la arcilla. Primero se dejó secar al aire el suelo sobre un plástico, una vez secadas las arcillas se transportaron en sacos hacia los molinos especiales de triturado ubicados en Calpi.

Se fabricaron los mampuestos de arcilla y cemento con la dosificación empleada en la elaboración del súper adobe por Miranda (2016).

La cantidad de agua que se incorporó en la mezcla se determinó mediante el ensayo del contenido de humedad de las muestras.

Los ladrillos se elaboraron con la prensa para adobe que posee la Red (ECOSUR, s.f.), con la cual es posible realizar 30 bloques en una hora, acortando el tiempo de su fabricación e incrementando el rendimiento.

En esta máquina se colocó la mezcla de mortero, asegurando que no posea espacios de aire, se aplicó fuerza y con la ayuda de una palanca para generar presión a estos mampuestos y que adquieran la forma de la prensadora. Se obtuvieron un total de 35 mampuestos en un total de 4 horas trabajadas.

Los mampuestos fueron retirados cuidadosamente y colocados en un sitio limpio y de manera ordena, para su correcto secado, para su fraguado se utilizó un aditivo curador de concreto “Sika® Curador Blanco E” (emulsión acuosa de parafina), debido a que los mampuestos no pudieron ser sumergidos en una piscina de curado.



Gráfico 2: Prensa para adobes

Fuente: Ninel Santillán

La dosificación empleada para la elaboración de los mampuestos se muestra a continuación:

- Dosificación mina Cochancay “Cemento Chimborazo” (Chimbolema Morocho, 2017).

250 kg de Arcilla – 37,50 kg de Cemento – 56 kg de agua

- Dosificación Mina Santa Clara “vía Puyo - Tena” (Chimbolema Morocho, 2017).

250 kg de Arcilla – 37,50 kg de Cemento – 67,40 kg de agua

Para el mezclado de las dosificaciones se empleó una concreteira de 1 saco, con el fin de obtener toda la totalidad de la mezcla, obteniendo con ésta un total de 35 mampuestos.

Para la primera mezcla (arcilla de la mina Santa Clara), se incorporó primero un porcentaje de agua en la concreteira, posteriormente se agregó la arcilla (250 kg) y finalmente el cemento y agua con el aditivo Plastificante 161 HE.

La segunda mezcla se realizó una semana después, la cual tuvo modificaciones. En esta ocasión se realizó una pre-mezcla de toda la arcilla y el cemento (en seco), se colocó un porcentaje de agua en la concreteira, se adicionó la mezcla de arcilla-cemento y finalmente el agua con el aditivo restante.

Las dos mezclas se prepararon a temperaturas ambientales de 25 °C por lo que se tuvo que realizar una corrección de agua-cemento ya que la mezcla se estaba fraguando, dificultando el proceso constructivo.

- **Ensayos en el laboratorio**

Las muestras se elaboraron en un lugar alejado de los laboratorios de ensayo, por lo que se tuvo especial cuidado en el transporte y manipulación de los mismos.

Resistencia a la Compresión de ladrillos

Para ejecutar el ensayo de compresión de los mampuestos, se tomó en cuenta el proceso que describe la norma (NTE INEN 294, 1978), donde se aplica una carga axial de compresión al ladrillo, aproximadamente hasta la mitad de la carga máxima probable, se aplica a una velocidad controlada. La carga restante se aplica gradualmente, en un tiempo no inferior a un minuto ni superior a dos. En este ensayo se tomaron las medidas de las probetas, su peso y carga máxima antes de la rotura.

Se realizaron ensayos a los 7, 14, 21 y 28 días con un total de 5 probetas por día.

Resistencia a la Flexión de ladrillos

La resistencia a flexión de los mampuestos se ejecutó en concordancia a la norma (NTE INEN 295, 1978) que establece el método de ensayo de los ladrillos cerámicos empleados en albañilería. Este proceso exige que se aplique una carga progresiva de flexión a una muestra de ladrillos, hasta determinar su resistencia máxima admisible. Se realizó el ensayo a los 28 días después de su elaboración en un total de 5 muestras por mezcla.

Determinación de absorción de humedad

Para la ejecución de este ensayo se siguió lo descrito en la norma (NTE INEN 296, 1978), que tiene por objeto establecer el método de ensayo de los ladrillos empleados en albañilería para determinar la absorción de la humedad. Se ejecutó a los 28 días en un total de 4 muestras por cada tipo de mezcla.

- **Tabulación y análisis de los datos.**

Los datos obtenidos en el laboratorio fueron tomados en una libreta de campo y con su registro fotográfico correspondiente, para su posterior análisis e interpretación de resultados, que se encuentran en un apartado posterior.

Resistencia de Compresión

La resistencia de los ladrillos se calculó dividiendo la carga máxima soportada para el área de aplicación. La resistencia a la compresión se calcula por la ecuación siguiente:

$$C = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Donde:

C= la resistencia a la compresión, en MPa.

P = La carga de rotura, en N.

A= Área de la sección, en mm².

El promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la resistencia a la compresión del lote de ladrillos sometidos a ensayo.

Resistencia a la Flexión

El módulo de rotura se calcula con la ecuación siguiente:

$$R = \frac{3 * G * l}{2 * b * d^2} \quad (2)$$

Donde:

R= módulo de rotura, en MPa.

G= carga de rotura, en N.

l = distancia entre apoyos, en mm.

b= ancho de cara a cara de la muestra, en mm.

d= promedio del espesor de cara a cara de la muestra, en mm.

El promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la resistencia a la flexión del lote de ladrillos sometidos a ensayo.

Absorción de humedad

La absorción de las muestras expresada en % del peso seco, se calcula por la ecuación siguiente:

$$\text{Absorción \%} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100 \quad (3)$$

Donde:

P_1 = peso de la muestra secada, en kg.

P_2 = peso de la muestra después de 24 horas sumergida.

El promedio de los valores de absorción obtenidos en cuatro muestras representa el porcentaje de absorción de humedad del lote de ladrillos inspeccionado.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la revisión bibliográfica sobre materiales empleados en la elaboración de mampostería, mostraron que existe gran interés en encontrar mezclas con materiales que sean capaces de responder satisfactoriamente a ensayos que determinen el comportamiento mecánico y que de igual forma sean materiales fáciles de hallar y que puedan ser empleados en obra, en caso de no poseer el acceso a mampuestos.

Para la recolección de la materia prima utilizada en la fabricación de los ladrillos con morteros se ejecutó el siguiente proceso: la arcilla proveniente de la mina de Santa Clara ubicada en la vía “Puyo-Tena”, fue de fácil acceso debido a que el material fue transportado hacia la ciudad en una volqueta, presenta un color rojo claro y en estado semisólido ya que el clima fue variable durante la descarga del material. Por otro lado, la arcilla proveniente de la mina Cochancay presenta un color rojo oscuro y en estado húmedo, ésta fue recolectada en sacos utilizando herramientas menores y transportada desde el lugar de acopio en la vía Calpi hacia la ciudad.

Al realizar los análisis físicos de la materia prima, se determinó la granulometría de las muestras mediante el ensayo por tamizado, siguiendo lo descrito en la norma INEN 696.

Para obtener una mejor interpretación de los resultados se representa a los mampuestos elaborados con morteros de arcilla proveniente de la mina Cochancay como (M1) y a los mampuestos de mortero elaborados con la arcilla proveniente de la mina Santa Clara como (M2).

En el anexo 1, desde la tabla 9 hasta la 14, se muestran los resultados obtenidos los de tres ensayos granulométricos ejecutados en las muestras M1 y M2. La tabla 2 exhibe el resumen de las granulometrías realizadas a las arcillas.

El gráfico 3 muestra que la M1 y M2 poseen una granulometría muy similar, debido a que éstas pasaron por un proceso de molido ya que en estado natural formaban partículas sólidas de

gran tamaño, pero que, al manipularlas, éstas se deshacían. Además, la arcilla M1 tiene un alto porcentaje de módulo de finura en comparación a la arcilla de M2, lo que implica que tenga una mejor trabajabilidad y una mejor textura.

La granulometría de las dos muestras se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma INEN 696.

Tabla 2. Resumen del ensayo granulométrico de las arcillas.

| Tamices | M1 (%) | Error Estándar | M2 (%) | Error Estándar |
|------------------|--------|----------------|--------|----------------|
| 3/8" | 100.00 | (± 0) | 100.00 | (± 0) |
| N° 4 | 99.80 | (± 0) | 100.00 | (± 0) |
| N° 8 | 97.66 | (± 0.27) | 98.93 | (± 0.13) |
| N° 16 | 77.85 | (± 1.61) | 73.41 | (± 0.19) |
| N°30 | 55.49 | (± 1.82) | 53.92 | (± 0.16) |
| N° 50 | 34.41 | (± 1.25) | 40.25 | (± 0.13) |
| N° 100 | 19.75 | (± 0.67) | 28.80 | (± 0.85) |
| Módulo de Finura | 3.15 | (± 0.05) | 3.03 | (± 0.01) |

Elaborado por: Ninel Santillán.

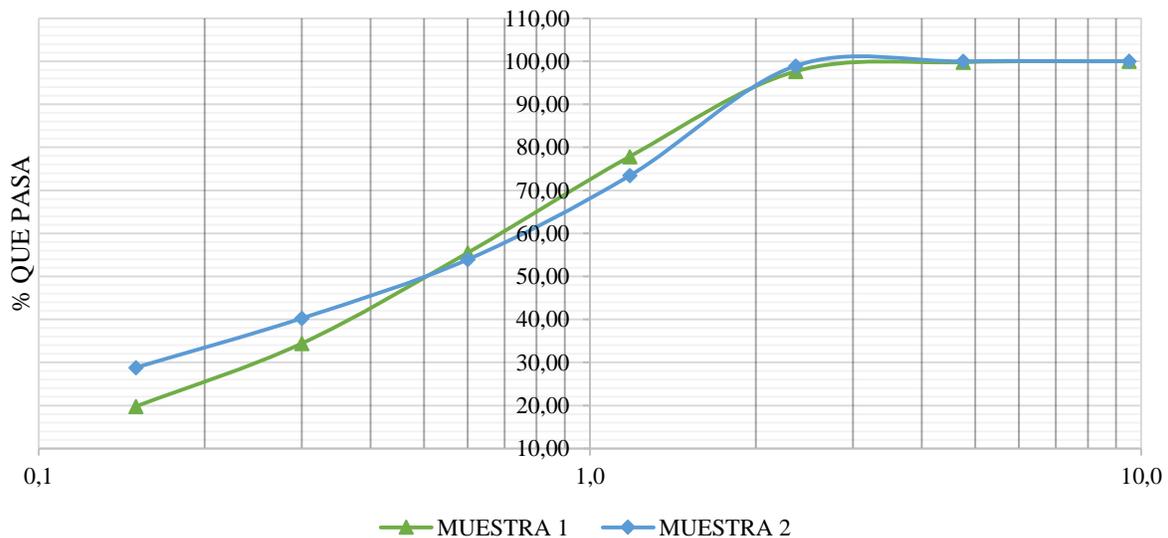


Gráfico 3. Resumen del ensayo granulométrico de las 2 arcillas.

Elaborado por: Ninel Santillán

La Tabla 3 muestra los resultados del porcentaje de humedad de las muestras de arcilla.

En el gráfico 4, se puede apreciar que la M1 posee un porcentaje de humedad aproximadamente 39%, que es mayor al M2, lo cual indica que este material necesita menor cantidad de agua al momento de realizar la dosificación de los mampuestos, que además es un indicativo en el comportamiento de cambios de volumen del mismo.

Este aspecto es muy importante al momento de realizar la dosificación, ya que mientras más agua requiera la mezcla es más susceptible a agrietarse ocasionando la disminución de volumen que provocará la aparición de grietas que luego darán paso a la retracción y por ende disminuirá la resistencia.

Tabla 3. Resumen del porcentaje de humedad de las arcillas.

| M1 (%) | Error Estándar | M2 (%) | Error Estándar |
|---------------|-----------------------|---------------|-----------------------|
| 38.72 | (± 0.22) | 11.23 | (± 0.05) |

Elaborado por: Ninel Santillán

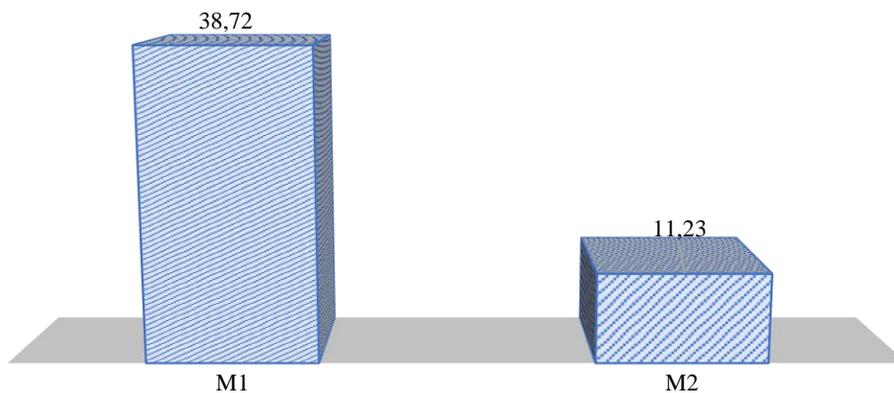


Gráfico 4. Resumen del porcentaje de humedad de las arcillas

Elaborado por: Ninel Santillán

Se determinó el límite líquido de las muestras. En el Anexo 2, en las tablas 16 y 17, se muestran los cálculos del ensayo de límite líquido.

La tabla 4 es el resumen del límite líquido de las muestras de arcilla.

En el gráfico 5 se aprecia que la M1 posee un elevado límite líquido en comparación a M2, por lo tanto, M2 requiere porcentajes de agua mayores añadida a la pasta que hace que ésta no tenga la suficiente resistencia mecánica para ser moldeable. M1 posee un límite líquido de 73.58% a los 25 golpes, mientras que M2 tiene un límite líquido de 36.84% a la misma cantidad de golpes. Esto muestra que M1 posee un límite líquido superior a M2, siendo éste el porcentaje de agua añadida a la pasta que hace que ésta no tenga la suficiente resistencia mecánica para ser moldeable.

Por otra parte, la arcilla M2 al poseer un límite líquido bajo es considerada como arcilla – limosa debido a su textura y moderada consistencia.

Tabla 4. Resumen del límite líquido de las arcillas.

| M1 | | M2 | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| (Nº) Golpes | (%) Humedad | (Nº) Golpes | (%) Humedad |
| 10 | 81.38 | 10 | 43.07 |
| 20 | 77.34 | 20 | 37.73 |
| 30 | 65.90 | 30 | 35.06 |
| 40 | 69.69 | 40 | 31.48 |

Elaborado por: Ninel Santillán

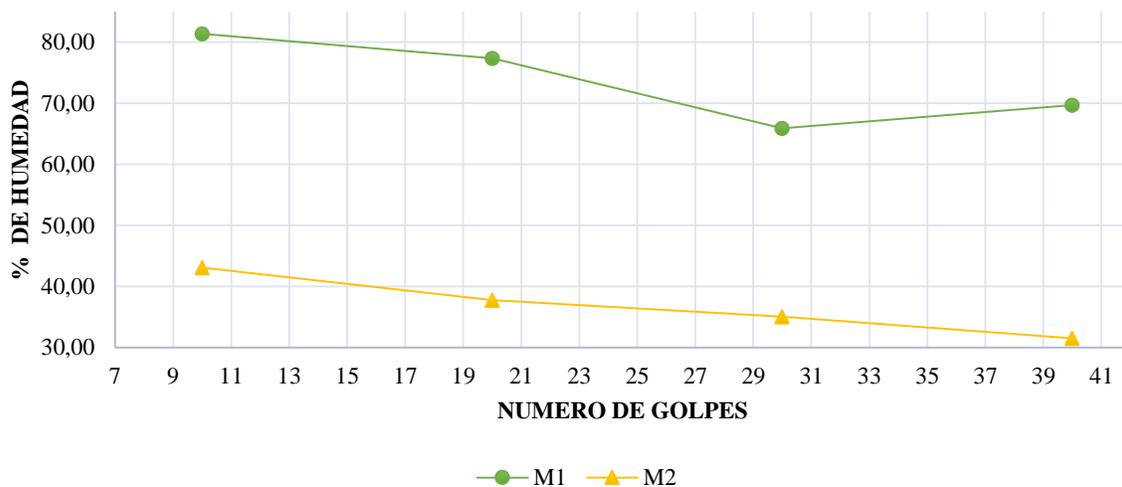


Gráfico 5. Curvas del límite líquido de las dos arcillas.

Elaborado por: Ninel Santillán

En el anexo 3 en las tablas 18 y 19 se muestran los cálculos del ensayo de límite plástico de las muestras M1 y M2.

La tabla 5 describe los resultados del ensayo de límite plástico realizado en las muestras de arcilla.

En el gráfico 6 se aprecia que el límite plástico de la arcilla M1 es superior a M2, que a su vez posee un IP (Índice de plasticidad) mayor el cual indica el margen de contenidos de agua en que es trabajable la arcilla y que además muestra que ésta es “más plástica”.

Una vez obtenidos estos indicativos la dosificación de los mampuestos se realizó con la dosificación óptima obtenida por (Chimbolema (2017), con un porcentaje de cemento del 25% y el 3% de aditivo plastificante con respecto al peso del cemento.

Tabla 5. Resumen del límite plástico de las 2 arcillas.

| Muestra | Índice de plasticidad (IP) (%) | Límite Plástico (%) |
|---------|-----------------------------------|------------------------|
| M1 | 27.91 | 45.67 |
| M2 | 16.49 | 20.34 |

Elaborado por: Ninel Santillán

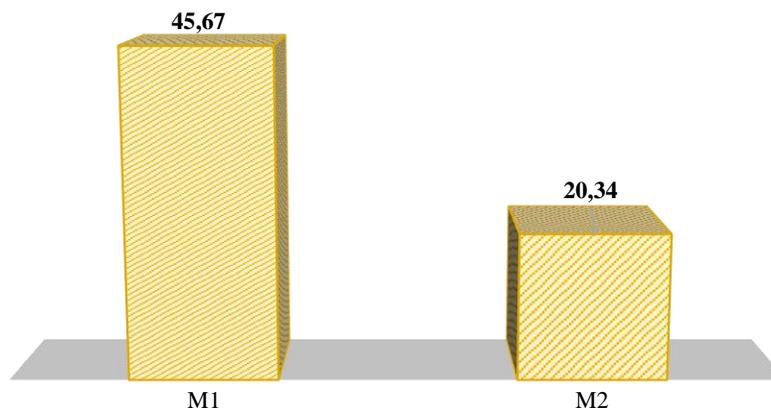


Gráfico 6. Límite plástico de las arcillas.

Elaborado por: Ninel Santillán

La tabla 6 describe la dosificación empleada en las dos muestras de arcilla

Tabla 6. Dosificaciones de los mampuestos.

| Muestra | Cemento (kg) | Arcilla (kg) | Agua (kg) |
|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| M1 | 37.50 | 250 | 56.33 |
| M2 | 37.50 | 250 | 67.40 |

Elaborado por: Ninel Santillán

Para la determinación de la resistencia a compresión de los mampuestos se realizaron los cálculos presentados en el Anexo 4, en las tablas 20 y 21, obteniéndose un resumen de los siguientes resultados en la Tabla 7.

Tabla 7. Resistencia a la compresión de los mampuestos

| DÍAS | M1 (MPa) | Error Estándar | M2 (MPa) | Error Estándar |
|-------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| 7 | 3.15 | (± 0.46) | 0.96 | (± 0.20) |
| 14 | 4.38 | (± 0.33) | 1.19 | (± 0.11) |
| 21 | 4.61 | (± 0.30) | 0.69 | (± 0.04) |
| 28 | 5.66 | (± 0.60) | 0.70 | (± 0.08) |

Elaborado por: Ninel Santillán

El gráfico 7 representa la curva formada por las resistencias a los 7, 14, 21 y 28 días, de un total de 20 muestras ensayadas. Se aprecia que M1 obtuvo mejores resultados de compresión a comparación de M2, esto se debe en gran parte a la manera que se ejecutó la mezcla. Los resultados de compresión fueron tan variados por las características que poseen las arcillas sus límites de Atterberg y su composición química obtenida por (Chimbolema, 2017).

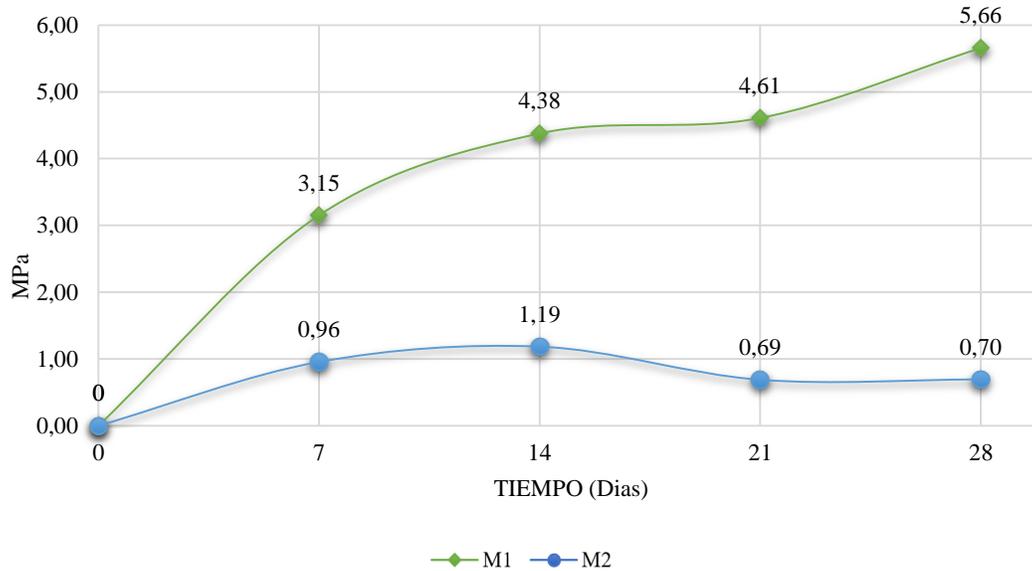


Gráfico 7. Curva de Resistencia a la Compresión de los mampuestos

Elaborado por: Ninel Santillán

En las tablas 22 y 23 del anexo 5, se muestran los cálculos ejecutados para la determinación del módulo de rotura del esfuerzo a flexión de los mampuestos elaborados.

Presentando en la Tabla 8 el resumen de la resistencia a flexión de los mampuestos.

Tabla 8. Resumen de Resistencia a Flexión de los mampuestos.

| Muestra | Módulo de Rotura (MPa) | Error Estándar |
|---------|------------------------|----------------|
| M1 | 0.374 | (± 0.05) |
| M2 | 0.313 | (± 0.01) |

Elaborado por: Ninel Santillán

El gráfico 8 muestra los resultados de flexión de los mampuestos, dicho ensayo se ejecutó a los 28 días después de ser fundidas las muestras. La M1 supera con el 16% aproximadamente a la resistencia a flexión de M2.

Este resultado en teoría debe ser del 10 al 30% de la resistencia a compresión de los mampuestos, dichos resultados no fueron concluyentes ya que el módulo de rotura de M1 es apenas

el 6% de dicha resistencia, pero con la M2 si se obtuvo más del 10% de la resistencia máxima de compresión.

Estos valores dan criterio de durabilidad de los mismos y además ayuda a entender el mecanismo de falla de la mampostería cuando se solicitan esfuerzos a flexión.

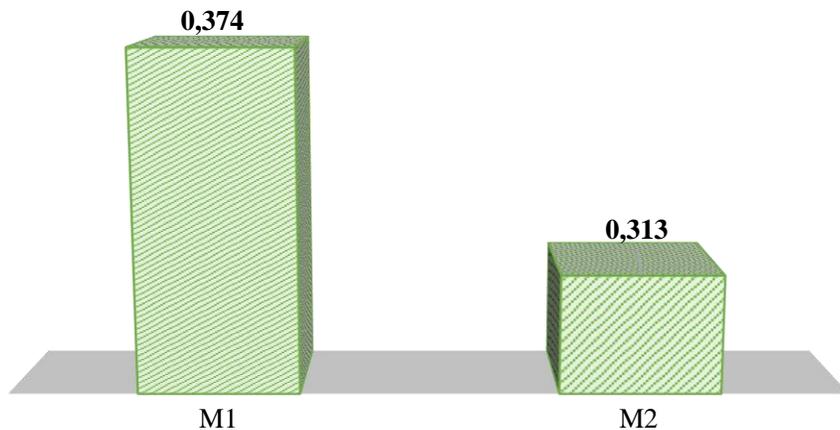


Gráfico 8. Resistencia a la flexión de los mampuestos.

Elaborado por: Ninel Santillán

Para el porcentaje de absorción de los mampuestos se realizaron los cálculos descritos en las tablas 24 y 25 del anexo 6, obteniendo como resumen de resultados la tabla 9.

Tabla 9. Porcentaje de absorción de los mampuestos.

| Muestra | Absorción (%) | Error Estándar |
|---------|---------------|----------------|
| M1 | 14.52 | (± 0.19) |
| M2 | 9.42 | (± 0.11) |

Elaborado por: Ninel Santillán

El gráfico 9 representa el porcentaje de agua absorbida por los mampuestos luego de haber sido sumergidos durante un día en agua. Se aprecia que la M1 tiene mayor porcentaje de absorción que M2. Se ensayaron 4 probetas de M1, las cuales se comportaron de mejor manera que M2, debido a que éstas se desintegraron en menor proporción. Lo contrario sucedió con M2 ya que se

ejecutó el ensayo con un total de 6 muestras, de las cuales 2 se perdieron porque el mampuesto se desintegró.

La absorción de agua afecta la durabilidad de la unidad y la mampostería. Al poseer absorción alta, se puede presentar cambios volumétricos significativos o permeabilidad alta a la penetración de agua.

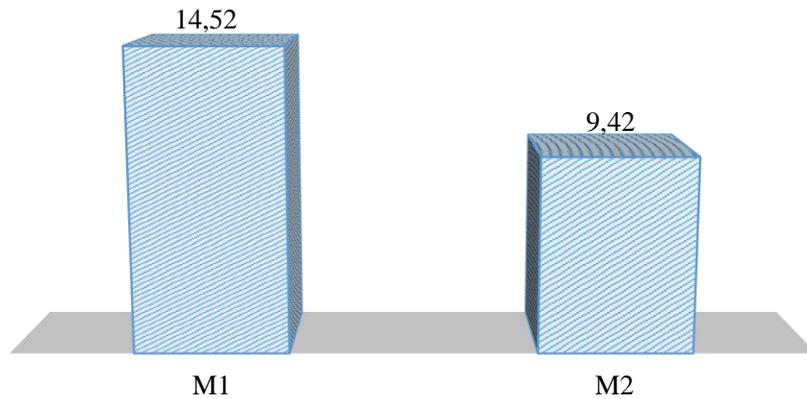


Gráfico 9. Porcentaje de absorción de los mampuestos.

Elaborado por: Ninel Santillán

- **Análisis del costo de producción de un mampuesto**

La tabla 10 representa el análisis de precio para elaboración de un mampuesto de arcilla y cemento Portland tipo I, este costo de producción exhibió que al producir un mampuesto el rubro más caro, es la obtención de materia prima, es decir las arcillas, estas pueden ser sustituidas por suelos de lugares más cercanos a la ciudad, ahorrando así el costo del mismo.

Tabla 10. Análisis de costo de producción por unidad de mampuesto

| DETALLE: | | Costo de Producción de un mampuesto | | | UNIDAD: | unidad |
|-------------------------------|----------|-------------------------------------|-----------------|-------------|----------------|--------|
| EQUIPOS | | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Tarifa | Costo Hora | Rendimiento | Costo | |
| | A | B | C=A*B | R=H/U | D=C*R | |
| Herramienta menor 5% M.O. | | | | | 0.00 | |
| Concretera de un saco | 1.00 | 5.00 | 5.00 | 0.0100 | 0.05 | |
| Prensa para adobes | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 0.0100 | 0.02 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| SUBTOTAL M | | | | | | 0.07 |
| MANO DE OBRA | | | | | | |
| Descripción | Cantidad | Jornal / hora | Costo Hora | Rendimiento | Costo | |
| | A | B | C=A*B | R=(H/U) | D=C*R | |
| Peon (EO E2) | 2.00 | 3.41 | 6.82 | 0.0100 | 0.07 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| SUBTOTAL N | | | | | | 0.07 |
| MATERIALES | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Costo | | |
| | | A | B | C=A*B | | |
| Arcilla (incluye transporte) | kg | 6.29 | 0.05 | 0.31 | | |
| Agua | m3 | 0.002 | 0.84 | 0.00 | | |
| Cemento Portland tipo I | Saco | 0.02 | 7.50 | 0.15 | | |
| Aditivo plastificante | kg | 0.03 | 2.10 | 0.06 | | |
| | | | | | | |
| SUBTOTAL O | | | | | | 0.52 |
| TRANSPORTE | | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Tarifa | Costo | | |
| | | A | B | C=A*B | | |
| | | | | 0.00 | | |
| | | | | 0.00 | | |
| | | | | 0.00 | | |
| | | | | 0.00 | | |
| SUBTOTAL P | | | | | | 0.00 |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | | | | 0.66 | |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | | | 0.66 | |
| VALOR OFERTADO | | | | | 0.66 | |

Elaborado por: Ninel Santillán

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se determinaron las características físicas de las arcillas, las granulometrías fueron similares, en cuanto a los límites de Atterberg la proveniente de la mina Cochancay posee límites superiores a la arcilla de Santa Clara.

Una vez realizados los ensayos a los mampuestos se determinó que los ladrillos elaborados con arcilla proveniente de Cochancay (M1) exhibieron mejores propiedades mecánicas.

Se diseñaron las mezclas de mortero de arcilla y cemento portland tipo I, estableciendo que la dosificación óptima para los mampuestos está constituida con 25% de cemento, 3% de aditivo con respecto al peso del cemento, 250 kg de arcilla y con una cantidad de agua de aproximadamente 60 kg, obteniéndose así un total de 35 mampuestos.

La resistencia a la compresión de los mampuestos de la mina Cochancay superó a los de la mina Santa Clara en un 80% aproximadamente, consiguiendo en M1 una resistencia máxima de compresión de 5.66 MPa versus a M2 con una resistencia de 1.19 MPa.

Los resultados obtenidos en flexión de igual manera fueron superiores con M1 con un módulo de rotura de 0.374 MPa, mientras que M2 posee un módulo de rotura de 0.313 MPa; siendo este módulo un indicativo de durabilidad y el tipo de falla de las mamposterías frente a acciones sísmicas.

Finalmente, los resultados obtenidos en absorción, compresión y flexión fueron concluyentes, debido a que se demostró que los mampuestos elaborados con la arcilla proveniente de la mina Cochancay son viables en la industria de la construcción, esto se debe principalmente a la propiedad de compresión, ya que la resistencia obtenida es superior a la requerida para ladrillos de tipo I (4.9 MPa).

6.2. Recomendaciones

Emplear el proceso constructivo ejecutados en M1, es decir, el proceso seguido para los mampuestos elaborados con la mina Cochancay, se obtuvieron mejores resultados y una mezcla homogénea.

Determinar la viabilidad económica de los mampuestos elaborados con mortero ejecutando un análisis económico completo.

Continuar con la investigación de manera que las muestras elaboradas con esta dosificación y materiales no pierdan mucho volumen y se reduzca la presencia de grietas por la retracción del material.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Arias Madero, J., & Blanco Martín, J. (2013). La tierra en la construcción de cerramientos con materiales de reciclaje. *Construcción con Tierra Patrimonio y Vivienda X CIATTI 2013*, 389-396. Obtenido de LA TIERRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CERRAMIENTOS CON MATERIALES DE RECICLAJE:
<http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/22337/1/la%20tierra%20en%20construccion%20con%20reciclaje.pdf>
- Aguilar Martínez, M. A., & Lagos Caucamán, M. (Diciembre de 2010). *Universidad de Magallanes*. Obtenido de Materiales innovadores: Comportamiento térmico en la vivienda de: http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/aguilar_martinez_2010.pdf
- Angumba Aguilar, P. J. (Julio de 2016). *Universidad de Cuenca*. Recuperado el 17 de noviembre de 2017, de Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25297/1/tesis.pdf>
- ASTM. (2000). Analisis Granulometricopor tamizado. En A. S. Materials.
- Chiguay , J. E. (2007). Analisis de Morteros Blancos.
- Chimbo Andy, V. G. (2017). *Universidad Técnica de Ambato*. Recuperado el 17 de noviembre de 2017, de Análisis de la resistencia a la compresión de ladrillos prensados interconectables elaborados de Barro, Cangahua y Puzolana, con adiciones de cemento, cumpliendo la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015):
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25756/1/Tesis%201136%20-%20Chimbo%20Andy%20V%C3%ADctor%20Gerson.pdf>

Chimbolema Morocho, S. P. (2017). *Universidad Nacional de Chimborazo*. Recuperado el 18 de noviembre de 2017, de Diseño de un mortero con arcilla y cemento Portland tipo I para su uso en impresoras 3D: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4341/1/UNACH-EC-ING-CIVIL-2017-0038.pdf>

ECOSUR. (s.f.). *ECOSUR*. Recuperado el 26 de noviembre de 2017, de Prensas manuales para producir Adobe compactado: <http://www.ecosur.org/index.php/productos/prensas-para-adobe>

Enríquez Paredes, A. R., & López Usca, C. I. (2017). *Análisis del Diseño Sismo Resistente en estructuras elaboradas con mampostería confinada, aplicadas en edificaciones mayores a dos pisos de altura*. Riobamba.

INEN. (2010). *Determinacion del contenido de Agua*.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (octubre de 2014). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*. Recuperado el 14 de abril de 2017, de Coordinación Modular de la construcción. Dimensiones modulares de ladrillos cerámicos: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/NORMAS_2014/MAR/07112014/317-1.pdf

Jiménez López, L. (2002). *Técnica de la construcción con ladrillo*. Barcelona: Book Print Digital. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=7Bj5HBwry8AC&pg=PA18&dq=tipos+de+ladrillos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj1u-HOqNjOAhXB1h4KHeX#v=onepage&q=tipos%20de%20ladrillos&f=false>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *MIDUVI*. Recuperado el 15 de junio de 2017, de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-MP.pdf>

Miranda, M. (2016). *Elaboración de una dosificación para fabricación de superadobe, con ensacados de yute, cabuya y análisis comparativo de resistencia a compresión con mampuesto de ladrillo del cantón chambo, provincia de Chimborazo*. Riobamba.

San Bartolomé, A., & Castro, M. (s.f.). *Pontificia Universidad Católica de Perú*. Recuperado el 5 de mayo de 2017, de Efecto de cinco variables sobre la resistencia de la albañilería: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2007/04/Efectos-de-5-par%C3%A1metros.pdf>

Toirac Corral, J. (2008). EL Suelo-Cemento como material de construcción. *CIENCIA Y SOCIEDAD*, XXXIII(4), 520-571. Recuperado el 25 de noviembre de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf>

Vargas Vera, L. J. (2016). *Universidad Militar Nueva Granada*. Recuperado el 17 de noviembre de 2017, de Comparación estructural, económica y ambiental de bloques de mortero con botellas plásticas (PET) y ladrillo tradicional macizo de barro.: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15344/1/EdilsonTasconAreisaLeonardoJavierVargas2016.pdf>

8. ANEXOS

Anexo 1. Granulometría

Tabla 11. Primera Granulometría- arcilla mina Cochancay (M1).

| | | | | | | |
|---|--|---|-----------------------------|---------------|--|-----|
|  | UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL |  | | | | |
| REALIZADO POR: Ninel Santillán | MUESTRA 1 | MINA COCHANCAY | | | | |
| DIRECTOR DEL PROYECTO: | | Provincia de Chimborazo, Cantón | | | | |
| Ing. Javier Palacios | UBICACIÓN: | Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach. | | | | |
| TABULACIÓN DE RESULTADOS | | | | | | |
| MASA RECIPIENTE (g) | 134 | MASA INICIAL (g) 634 | | | | |
| Tamices | Retenido Parcial + Recipiente (g) | Retenido Parcial - Recipiente (g) | % Retenido Acumulado | % Pasa | Límites Específicos Serie Finos | |
| 3/8" | 134 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| N° 4 | 135 | 1 | 0.20 | 99.80 | 95 | 100 |
| N° 8 | 146 | 12 | 2.62 | 97.38 | 80 | 100 |
| N° 16 | 232 | 98 | 22.33 | 77.67 | 50 | 85 |
| N° 30 | 244 | 110 | 44.47 | 55.53 | 25 | 60 |
| N° 50 | 237 | 103 | 65.19 | 34.81 | 5 | 30 |
| N° 100 | 207 | 73 | 79.88 | 20.12 | 0 | 10 |
| BANDEJA | 234 | 100 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 497 | | | | |
| MÓDULO DE FINURA | | 3.15 | | | | |

Elaborado por: Ninel Santillán

CURVA GRANULOMÉTRICA

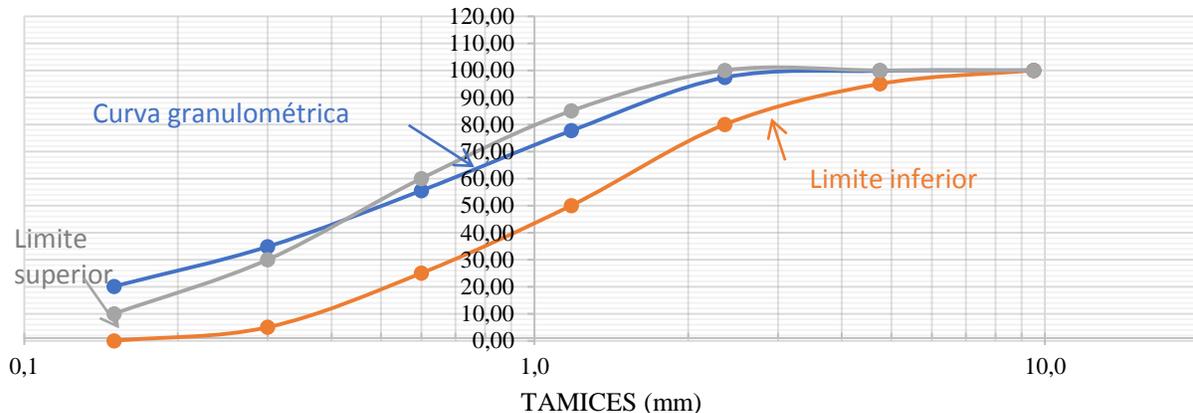


Gráfico 10. Primera curva Granulométrica Mina Cochancay.

Elaborado por: Ninel Santillán

Tabla 12. Segunda Granulometría- arcilla mina Cochancay (M1).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



REALIZADO POR: Ninel Santillán
DIRECTOR DEL PROYECTO:
 Ing. Javier Palacios

MUESTRA 2
UBICACIÓN:

MINA COCHANCAY
 Provincia de Chimborazo, Cantón
 Riobamba, Laboratorios de
 Ingeniería civil Unach.

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| MASA RECIPIENTE (g) | | 134 | MASA INICIAL (g) | | 634 | |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------|---------------------------------|-----|
| Tamices | Retenido Parcial + Recipiente (g) | Retenido Parcial - Recipiente (g) | % Retenido Acumulado | % Pasa | Límites Específicos Serie Finos | |
| 3/8" | 134 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| N° 4 | 135 | 1 | 0.20 | 99.80 | 95 | 100 |
| N° 8 | 142 | 8 | 1.81 | 98.19 | 80 | 100 |
| N° 16 | 221 | 87 | 19.28 | 80.72 | 50 | 85 |
| N° 30 | 244 | 110 | 41.37 | 58.63 | 25 | 60 |
| N° 50 | 245 | 111 | 63.65 | 36.35 | 5 | 30 |
| N° 100 | 212 | 78 | 79.32 | 20.68 | 0 | 10 |
| BANDEJA | 237 | 103 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 498 | | | | |
| MÓDULO DE FINURA | | 3.06 | | | | |

Elaborado por: Ninel Santillán

CURVA GRANULOMÉTRICA

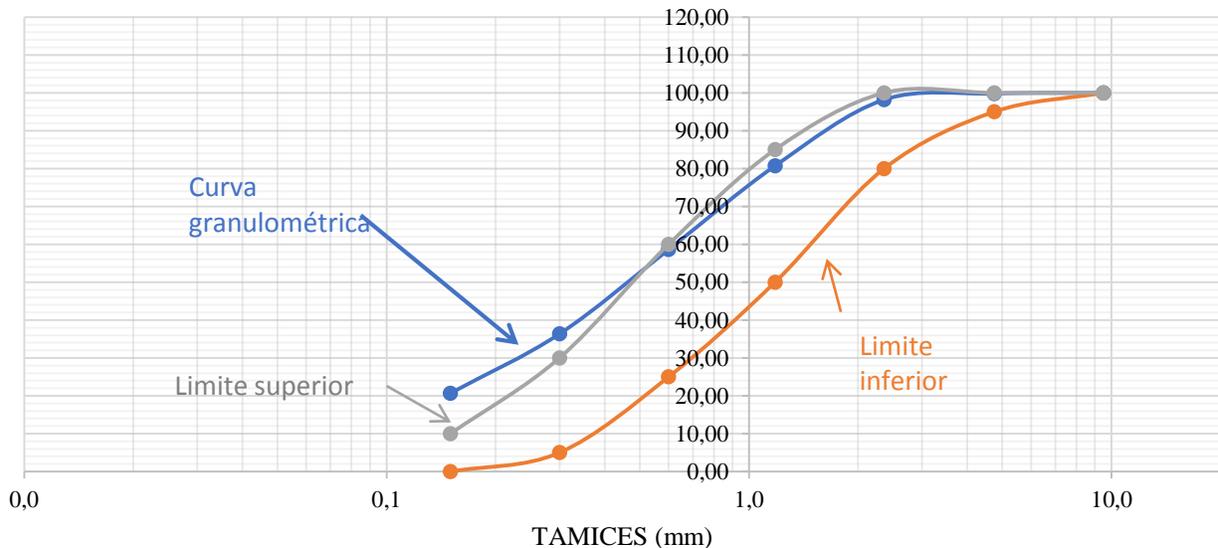


Gráfico 11. Segunda curva Granulométrica Mina Cochancay.

Elaborado por: Ninel Santillán

Tabla 13. Tercera Granulometría- arcilla mina Cochancay (M1).



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



REALIZADO POR: Ninel Santillán
DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Javier Palacios

MUESTRA 3

UBICACIÓN:

MINA COCHANCAY

Provincia de Chimborazo, Cantón
Riobamba, Laboratorios de
Ingeniería civil Unach.

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| MASA RECIPIENTE (g) | | 134 | | MASA INICIAL (g) | | 634 | |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----|--|
| Tamices | Retenido Parcial + Recipiente (g) | Retenido Parcial - Recipiente (g) | % Retenido Acumulado | % Pasa | Límites Específicos Serie Finos | | |
| 3/8" | 134 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 | |
| N° 4 | 135 | 1 | 0.20 | 99.80 | 95 | 100 | |
| N° 8 | 146 | 12 | 2.61 | 97.39 | 80 | 100 | |
| N° 16 | 245 | 111 | 24.85 | 75.15 | 50 | 85 | |
| N° 30 | 248 | 114 | 47.70 | 52.30 | 25 | 60 | |
| N° 50 | 235 | 101 | 67.94 | 32.06 | 5 | 30 | |
| N° 100 | 202 | 68 | 81.56 | 18.44 | 0 | 10 | |
| BANDEJA | 226 | 92 | 100.00 | 0.00 | | | |
| TOTAL | | 499 | | | | | |
| MÓDULO DE FINURA | | 3.25 | | | | | |

Elaborado por: Ninel Santillán

CURVA GRANULOMÉTRICA

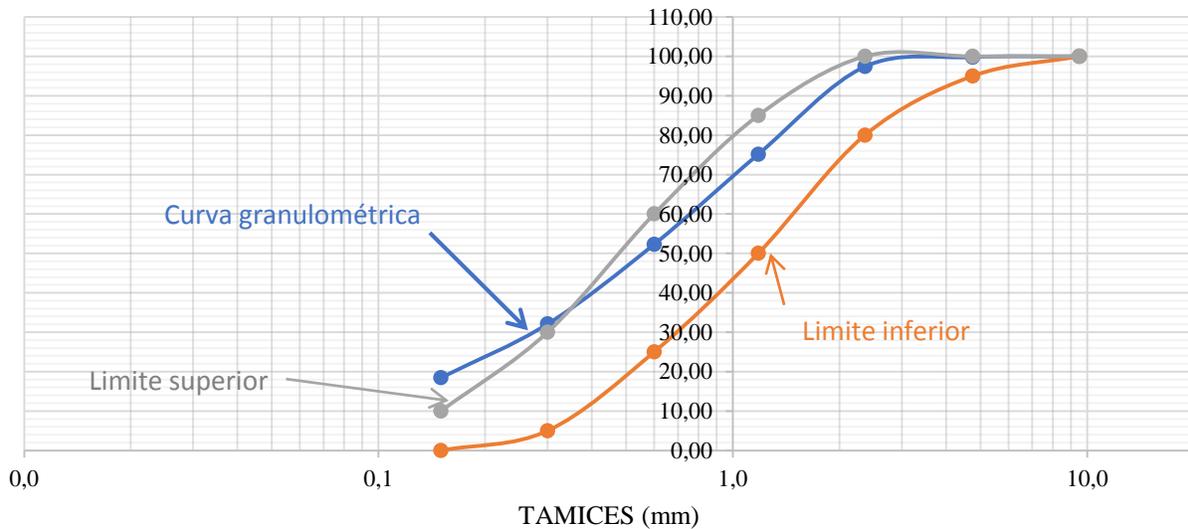


Gráfico 12. Tercera curva Granulométrica Mina Cochancay.

Elaborado por: Ninel Santillán

Tabla 14. Primera Granulometría- arcilla mina Santa Clara (M2).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



REALIZADO POR: Ninel Santillán
DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Javier Palacios

MUESTRA 1 MINA SANTA CLARA

Provincia de Chimborazo,

Cantón Riobamba,

UBICACIÓN:

Laboratorios de Ingeniería civil
 Unach.

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| Tamices | Retenido Parcial + Recipiente (g) | Retenido Parcial - Recipiente (g) | % Retenido Acumulado | % Pasa | Límites Específicos Serie Finos | |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------|---------------------------------|-----|
| 3/8" | 134 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| N° 4 | 134 | 0 | 0.00 | 100.00 | 95 | 100 |
| N° 8 | 140 | 6 | 1.20 | 98.80 | 80 | 100 |
| N° 16 | 261 | 127 | 26.71 | 73.29 | 50 | 85 |
| N°30 | 231 | 97 | 46.18 | 53.82 | 25 | 60 |
| N° 50 | 202 | 68 | 59.84 | 40.16 | 5 | 30 |
| N° 100 | 198 | 64 | 72.69 | 27.31 | 0 | 10 |
| BANDEJA | 270 | 136 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 498 | | | | |
| MÓDULO DE FINURA | | 3.07 | | | | |

Elaborado por: Ninel Santillán

CURVA GRANULOMÉTRICA

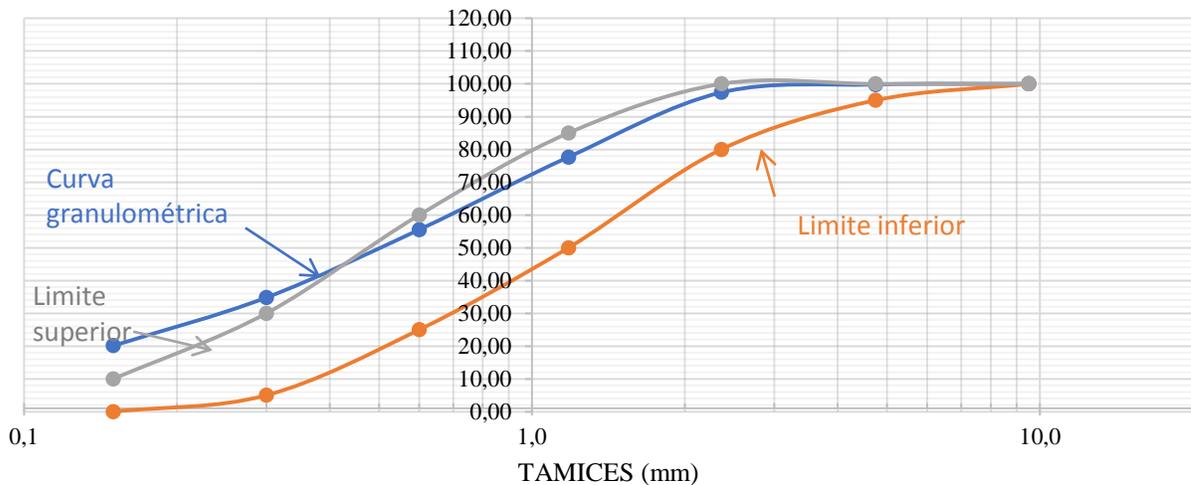


Gráfico 13. Primera curva Granulométrica mina Santa Clara.

Elaborado por: Ninel Santillán

Tabla 15. Segunda Granulometría- arcilla mina Santa Clara (M2).



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



REALIZADO POR: Ninel Santillán
DIRECTOR DEL PROYECTO:
Ing. Javier Palacios

MUESTRA 2 MINA SANTA CLARA
Provincia de Chimborazo,
UBICACIÓN: Cantón Riobamba, Laboratorios
de Ingeniería civil Unach.

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| Tamices | Retenido Parcial + Recipiente (g) | Retenido Parcial - Recipiente (g) | % Retenido Acumulado | % Pasa | Límites Específicos Serie Finos | |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------|---------------------------------|-----|
| MASA RECIPIENTE (g) | 134 | | | | MASA INICIAL (g) | 634 |
| 3/8" | 134 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| N° 4 | 134 | 0 | 0.00 | 100.00 | 95 | 100 |
| N° 8 | 138 | 4 | 0.81 | 99.19 | 80 | 100 |
| N° 16 | 260 | 126 | 26.21 | 73.79 | 50 | 85 |
| N° 30 | 231 | 97 | 45.77 | 54.23 | 25 | 60 |
| N° 50 | 202 | 68 | 59.48 | 40.52 | 5 | 30 |
| N° 100 | 185 | 51 | 69.76 | 30.24 | 0 | 10 |
| BANDEJA | 284 | 150 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 496 | | | | |
| MÓDULO DE FINURA | | 3.02 | | | | |

Elaborado por: Ninel Santillán

CURVA GRANULOMÉTRICA

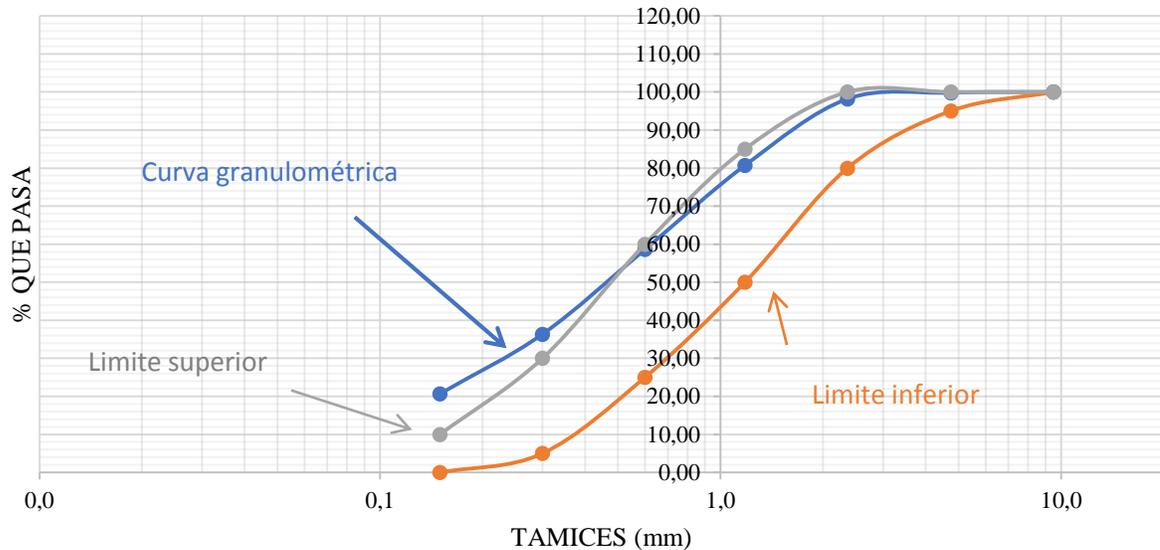


Gráfico 14. Segunda curva Granulométrica mina Santa Clara.

Elaborado por: Ninel Santillán

Tabla 16. Tercera Granulometría- arcilla mina Santa Clara (M2).



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



| | | |
|---|-------------------|--|
| REALIZADO POR: Ninel Santillán | MUESTRA 1 | MINA SANTA CLARA |
| DIRECTOR DEL PROYECTO: Ing. Javier Palacios | UBICACIÓN: | Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach. |

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| | | | | | | |
|----------------------------|--|--|-----------------------------|---------------|--|-----|
| MASA RECIPIENTE (g) | 134 | MASA INICIAL (g) | 634 | | | |
| Tamices | Retenido Parcial + Recipiente (g) | Retenido Parcial - Recipiente (g) | % Retenido Acumulado | % Pasa | Límites Específicos Serie Finos | |
| 3/8" | 134 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| N° 4 | 134 | 0 | 0.00 | 100.00 | 95 | 100 |
| N° 8 | 140 | 6 | 1.20 | 98.80 | 80 | 100 |
| N° 16 | 262 | 128 | 26.85 | 73.15 | 50 | 85 |
| N° 30 | 231 | 97 | 46.29 | 53.71 | 25 | 60 |
| N° 50 | 202 | 68 | 59.92 | 40.08 | 5 | 30 |
| N° 100 | 190 | 56 | 71.14 | 28.86 | 0 | 10 |
| BANDEJA | 278 | 144 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 499 | | | | |
| MÓDULO DE FINURA | | 3.05 | | | | |

Elaborado por: Ninel Santillán

CURVA GRANULOMÉTRICA

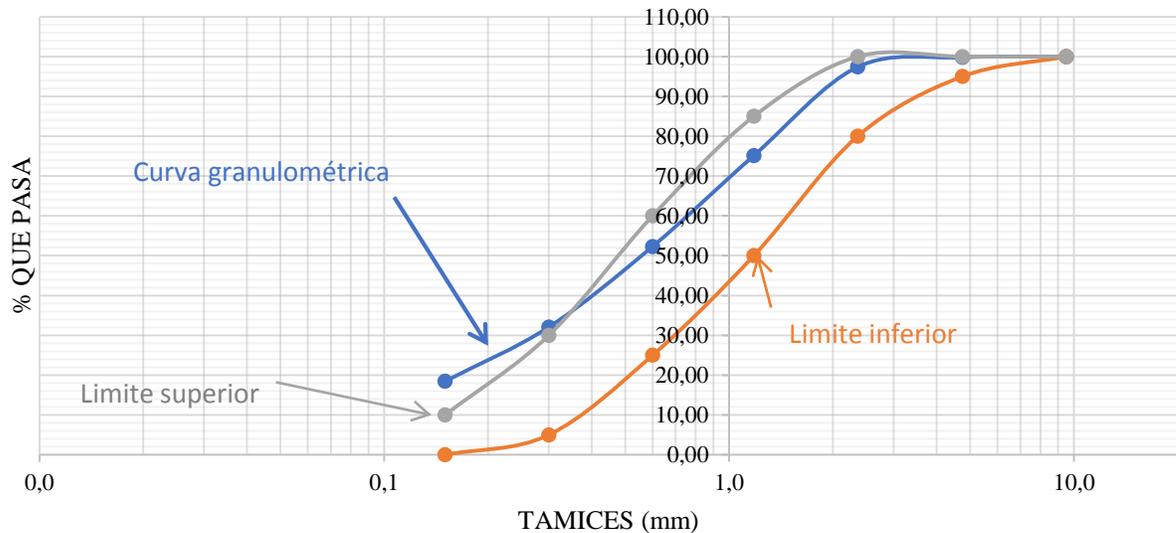


Gráfico 15. Tercera curva Granulométrica mina Santa Clara.

Elaborado por: Ninel Santillán

Anexo 2. Límite Líquido de las arcillas

Tabla 17. Datos Límite Líquido - mina Cochancay (M1).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------|
| REALIZADO POR: | MUESTRA 1 "MINA COCHANCAY" | | |
| Ninel Santillán Alarcón | UBICACIÓN: | Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería Civil Unach. | |
| DIRECTOR DEL PROYECTO: | FECHA DE MUESTREO: | 08/06/2017 | HORA 14:00 |
| Ing. Javier Palacios | FECHA DE ENSAYO: | 08/06/2017 | HORA 14:15 |

| TABULACIÓN DE RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| INTERVALO | 5 - 15 | | 16 - 25 | | 26 - 35 | | 36-45 | |
| Nº GOLPES | 10 | | 20 | | 30 | | 40 | |
| RECIPIENTE7 | Tara 1 | Tara 2 | Tara 3 | Tara 4 | Tara 5 | Tara 6 | Tara 7 | Tara 8 |
| Masa Rec (g) | 9.13 | 9.32 | 9.26 | 9.34 | 9.35 | 9.33 | 9.21 | 9.41 |
| Masa Rec + Mn (g) | 16.74 | 16.04 | 15.65 | 16.66 | 16.76 | 16.42 | 13.04 | 13.08 |
| Masa Rec + Ms (g) | 13.32 | 13.03 | 12.87 | 13.46 | 13.81 | 13.61 | 11.47 | 11.57 |
| Masa Húmeda (g) | 7.61 | 6.72 | 6.39 | 7.32 | 7.41 | 7.09 | 3.83 | 3.67 |
| Masa Seca (g) | 4.19 | 3.71 | 3.61 | 4.12 | 4.46 | 4.28 | 2.26 | 2.16 |
| % Humedad | 81.62 | 81.13 | 77.01 | 77.67 | 66.14 | 65.65 | 69.47 | 69.91 |
| % Humedad Promedio | 81.38 | | 77.34 | | 65.90 | | 69.69 | |

Elaborado por: Ninel Santillán

LÍMITE LÍQUIDO

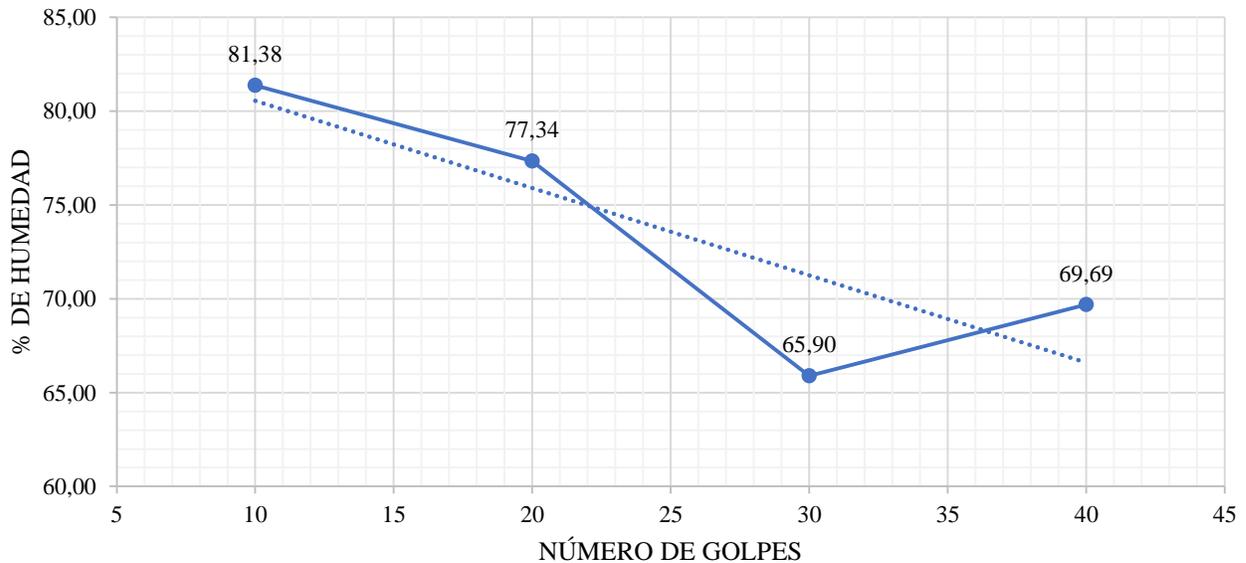


Gráfico 16. Límite Líquido -arcilla de la mina Cochancay

Elaborado por: Ninel Santillán

Tabla 18. Datos Límite Líquido- mina Santa Clara (M2).



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



REALIZADO POR:

MUESTRA 2 "SANTA CLARA"

Ninel Santillán

UBICACIÓN: Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba,
Laboratorios de Ingeniería civil Unach.

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Javier Palacios

FECHA DE MUESTREO: 08/06/2017 **HORA** 14:00

FECHA DE ENSAYO: 08/06/2017 **HORA** 14:15

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| INTERVALO | 5 - 15 | | 16 - 25 | | 26 - 35 | | 36-45 | |
|---------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
| N° GOLPES | 10 | | 20 | | 30 | | 40 | |
| RECIPIENTES | Tara 1 | Tara 2 | Tara 3 | Tara 4 | Tara 5 | Tara 6 | Tara 7 | Tara 8 |
| Masa Rec (g) | 8.70 | 9.34 | 9.37 | 9.03 | 9.60 | 9.28 | 9.05 | 9.00 |
| Masa Rec + Mn (g) | 15.11 | 16.35 | 20.69 | 21.40 | 24.34 | 25.51 | 20.88 | 18.10 |
| Masa Rec + Ms (g) | 13.18 | 14.24 | 17.59 | 18.01 | 20.52 | 21.29 | 18.01 | 15.95 |
| Masa Húmeda (g) | 6.41 | 7.01 | 11.32 | 12.37 | 14.74 | 16.23 | 11.83 | 9.10 |
| Masa Seca (g) | 4.48 | 4.90 | 8.22 | 8.98 | 10.92 | 12.01 | 8.96 | 6.95 |
| % Humedad | 43.08 | 43.06 | 37.71 | 37.75 | 34.98 | 35.14 | 32.03 | 30.94 |
| % Humedad Promedio | 43.07 | | 37.73 | | 35.06 | | 31.48 | |

Elaborado por: Ninel Santillán

LÍMITE LÍQUIDO

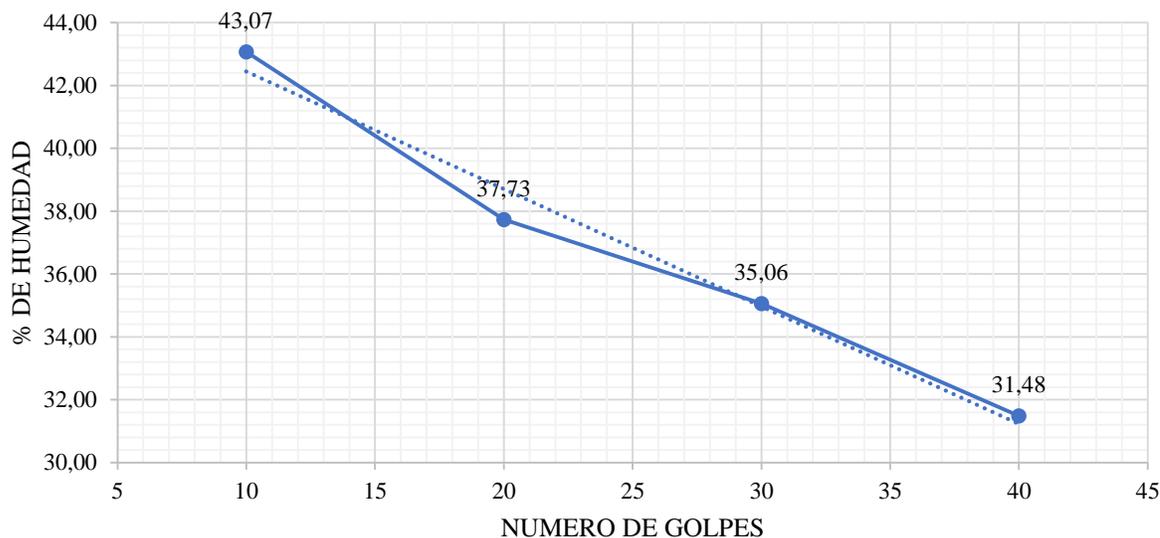


Gráfico 17. Límite Líquido - arcilla mina Santa Clara

Elaborado por: Ninel Santillán

Anexo 3. Límite plástico de las arcillas

Tabla 19. Datos Límite plástico- mina Cochancay (M1).



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



REALIZADO POR:

MUESTRA 1 "COCHANCAY"

Ninel Santillán Alarcón

UBICACIÓN:

Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba,
Laboratorios de Ingeniería civil Unach.

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Javier Palacios

FECHA DE MUESTREO: 08/06/2017 **HORA** 15:30

FECHA DE ENSAYO: 08/06/2017 **HORA** 10:00

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| RECIPIENTES | Masa Recipiente (g) | Masa R + Mn (g) | Masa R + Ms (g) | Masa Mn (g) | Masa Ms (g) | % Humedad |
|------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------|-------------|-------------|-----------|
| TARA 1 | 9.13 | 9.56 | 9.43 | 0.43 | 0.3 | 43.3 |
| TARA 2 | 9.11 | 9.48 | 9.36 | 0.37 | 0.25 | 48.0 |
| LIMITE PLÁSTICO | 45.67 | | | | | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | | | | |
| LIMITE PLASTICO | 45.67 | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | 73.58 | valor de los 25 golpes | | | | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 27.91 | | | | | |
| RESULTADO | MATERIAL PLÁSTICO | | | | | |

Elaborado por: Ninel Santillán

Tabla 20. Datos Límite plástico- mina Santa Clara (M2).



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



| | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|--|-------------------|
| REALIZADO POR: | MUESTRA 2 "SANTA CLARA" | | |
| Ninel Santillán Alarcón | UBICACIÓN: | Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach. | |
| DIRECTOR DEL PROYECTO: | FECHA DE MUESTREO: | 08/06/2017 | HORA 15:30 |
| Ing. Javier Palacios | FECHA DE ENSAYO: | 08/06/2017 | HORA 10:00 |

TABULACIÓN DE DATOS

| RECIPIENTES | Masa Recipiente (g) | Masa R + Mn (g) | Masa R + Ms (g) | Masa Mn (g) | Masa Ms (g) | % Humedad |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| TARA 1 | 9.50 | 9.74 | 9.70 | 0.24 | 0.20 | 20.00 |
| TARA 2 | 9.52 | 9.87 | 9.81 | 0.35 | 0.29 | 20.69 |
| LIMITE PLÁSTICO | 20.34 | | | | | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | | | | | | |
| LIMITE PLASTICO | 20.34 | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | 36.84 | valor de los 25 golpes | | | | |
| INDICE DE PLASTICIDAD | 16.49 | | | | | |
| RESULTADO | MATERIAL PLASTICO | | | | | |

Elaborado por: Ninel Santillán

Anexo 4. Resistencia a la Compresión de los mampuestos.

Tabla 21. Datos de la Resistencia a la compresión de M1



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



REALIZADO POR:

Ninel Santillán Alarcón

MUESTRA: MINA COCHANCAY

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Javier Palacios

UBICACIÓN:

Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba,
Laboratorios de Ingeniería civil Unach.

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| Cód Bloq. | Edad de Ensayo (días) | Dimensiones | | | Peso (kg) | Carga Máxima (N) | R. a la Compresión (MPa) | R. Compresión Promedio (MPa) |
|-----------|-----------------------|-------------|-------------|---------------|-----------|------------------|--------------------------|------------------------------|
| | | Lado B (mm) | Lado L (mm) | Altura h (mm) | | | | |
| 1 | 7 | 109 | 306 | 143 | 7.28 | 123200 | 3.694 | |
| 2 | 7 | 105 | 302 | 143 | 7.26 | 93000 | 2.933 | |
| 3 | 7 | 109 | 302 | 143 | 7.50 | 120100 | 3.648 | 3.152 |
| 4 | 7 | 110 | 302 | 145 | 7.78 | 134200 | 4.040 | |
| 5 | 7 | 110 | 302 | 143 | 7.58 | 48000 | 1.445 | |
| 1 | 14 | 118 | 303 | 142 | 8.36 | 123600 | 3.457 | |
| 2 | 14 | 130 | 303 | 145 | 9.22 | 196300 | 4.983 | |
| 3 | 14 | 123 | 303 | 143 | 8.54 | 190400 | 5.109 | 4.378 |
| 4 | 14 | 112 | 305 | 140 | 8.24 | 156200 | 4.573 | |
| 5 | 14 | 115 | 305 | 143 | 8.44 | 132200 | 3.769 | |
| 1 | 21 | 120 | 303 | 140 | 8.26 | 169900 | 4.673 | |
| 2 | 21 | 116 | 303 | 140 | 8.50 | 174200 | 4.956 | |
| 3 | 21 | 110 | 302 | 141 | 7.64 | 118700 | 3.573 | 4.610 |
| 4 | 21 | 115 | 305 | 140 | 8.48 | 187300 | 5.340 | |
| 5 | 21 | 110 | 305 | 145 | 8.02 | 151200 | 4.507 | |
| 1 | 28 | 105 | 303 | 140 | 7.36 | 182000 | 5.721 | |
| 2 | 28 | 110 | 303 | 140 | 7.68 | 228500 | 6.856 | |
| 3 | 28 | 111 | 297 | 140 | 7.08 | 139300 | 4.225 | 5.658 |
| 4 | 28 | 108 | 304 | 140 | 7.62 | 143400 | 4.368 | |
| 5 | 28 | 112 | 304 | 140 | 8.82 | 242400 | 7.119 | |

Elaborado por: Ninel Santillán

Tabla 22. Datos de la Resistencia a la compresión de M2.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



REALIZADO POR:

Ninel Santillán Alarcón

MUESTRA: MINA SANTA CLARA

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Javier Palacios

UBICACIÓN:

Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba,
Laboratorios de Ingeniería civil Unach.

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| Cód Bloq . | Edad de Ensayo (días) | Dimensiones | | | Peso (kg) | Carga Máxima (N) | R. a la Compresión (MPa) | R. Compresión Promedio (MPa) |
|------------------|-----------------------------|----------------|----------------|------------------|--------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| | | Lado B (mm) | Lado L (mm) | Altura h (mm) | | | | |
| 1 | 7 | 100 | 305 | 140 | 7.34 | 9000 | 0.295 | |
| 2 | 7 | 105 | 306 | 140 | 7.72 | 25800 | 0.803 | |
| 3 | 7 | 100 | 303 | 140 | 7.72 | 39600 | 1.307 | 0.956 |
| 4 | 7 | 105 | 305 | 140 | 7.70 | 30300 | 0.946 | |
| 5 | 7 | 110 | 305 | 140 | 8.22 | 48000 | 1.431 | |
| 1 | 14 | 103 | 310 | 140 | 7.54 | 48800 | 1.528 | |
| 2 | 14 | 100 | 310 | 145 | 7.26 | 39500 | 1.274 | |
| 3 | 14 | 100 | 310 | 145 | 7.46 | 27700 | 0.894 | 1.186 |
| 4 | 14 | 105 | 305 | 143 | 7.78 | 38700 | 1.208 | |
| 5 | 14 | 103 | 307 | 145 | 7.32 | 32400 | 1.025 | |
| 1 | 21 | 105 | 310 | 138 | 8.43 | 18200 | 0.559 | |
| 2 | 21 | 105 | 309 | 143 | 8.00 | 23800 | 0.734 | |
| 3 | 21 | 109 | 305 | 141 | 8.32 | 20300 | 0.611 | 0.689 |
| 4 | 21 | 109 | 309 | 145 | 7.66 | 26400 | 0.784 | |
| 5 | 21 | 101 | 305 | 142 | 7.84 | 23400 | 0.760 | |
| 1 | 28 | 109 | 311 | 140 | 8.44 | 18600 | 0.549 | |
| 2 | 28 | 110 | 312 | 145 | 8.48 | 17200 | 0.501 | |
| 3 | 28 | 105 | 310 | 145 | 8.44 | 28100 | 0.863 | 0.695 |
| 4 | 28 | 110 | 310 | 142 | 8.42 | 24200 | 0.710 | |
| 5 | 28 | 107 | 310 | 142 | 8.06 | 28300 | 0.853 | |

Elaborado por: Ninel Santillán

Anexo 5. Resistencia a la Flexión de los mampuestos.

Tabla 23. Datos de la Resistencia a la flexión de M1.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



REALIZADO POR:

Ninel Santillán Alarcón

MUESTRA: MINA COCHANCAY

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Javier Palacios

UBICACIÓN:

Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba,
Laboratorios de Ingeniería civil Unach.

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| Cód Bloq. | Edad de Ensayo (días) | Dimensiones | | | Apoyos I (mm) | Carga de Rotura (N) | Resistencia a la Flexión (MPa) | R. Flexión Promedio (MPa) |
|-----------|-----------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | | Lado B (mm) | Lado L (mm) | Altura h (mm) | | | | |
| 1 | 28 | 144 | 114 | 114 | 150 | 3305 | 0.397 | |
| 2 | 28 | 141 | 108 | 110 | 150 | 2602 | 0.356 | |
| 3 | 28 | 144 | 113 | 113 | 150 | 1791 | 0.219 | 0.374 |
| 4 | 28 | 143 | 109 | 109 | 150 | 3849 | 0.510 | |
| 5 | 28 | 145 | 116 | 126 | 150 | 3350 | 0.386 | |

Elaborado por: Ninel Santillán

Tabla 24. Datos de la Resistencia a la flexión de M2.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



REALIZADO POR:

Ninel Santillán Alarcón

MUESTRA: MINA SANTA CLARA

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Ing. Javier Palacios

UBICACIÓN:

Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba,
Laboratorios de Ingeniería civil Unach.

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| Cód Bloq. | Edad de Ensayo (días) | Dimensiones | | | Apoyos I (mm) | Carga de Rotura (N) | Resistencia a la Flexión (MPa) | R. Flexión Promedio (MPa) |
|-----------|-----------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | | Lado B (mm) | Lado L (mm) | Altura h (mm) | | | | |
| 1 | 28 | 144 | 105 | 105 | 150 | 2156 | 0.31 | |
| 2 | 28 | 142 | 107 | 107 | 150 | 2441 | 0.338 | |
| 3 | 28 | 144 | 106 | 106 | 150 | 2236 | 0.311 | 0.313 |
| 4 | 28 | 143 | 110 | 110 | 150 | 2218 | 0.288 | |
| 5 | 28 | 140 | 101 | 101 | 150 | 2049 | 0.323 | |

Elaborado por: Ninel Santillán

Anexo 6. Porcentaje de Absorción de los mampuestos.

Tabla 25. Datos del porcentaje de absorción de M1



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



| | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|---|-------------|-------|
| REALIZADO POR: | MUESTRA 1 | MINA COCHANCA Y | | |
| Ninel Santillán Alarcón | | Provincia de Chimborazo, Cantón | | |
| DIRECTOR DEL PROYECTO: | UBICACIÓN: | Riobamba, Laboratorios de Ingeniería civil Unach. | | |
| Ing. Javier Palacios | FECHA DE MUESTREO: | 12/03/2018 | HORA | 16:00 |
| | FECHA DE ENSAYO: | 13/03/2018 | HORA | 16:00 |

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| Cód Bloq. | Peso Seco (kg) | Peso húmedo (kg) | Porcentaje de Absorción (%) | Absorción Promedio (%) | Observaciones |
|-----------|----------------|------------------|-----------------------------|------------------------|---|
| 1 | 7.765 | 8.888 | 14.46 | 14.52 | Las 4 probetas se comportaron de mejor manera. Se desintegro en menor proporción. Ninguna se perdió |
| 2 | 7.737 | 8.784 | 13.53 | | |
| 3 | 7.560 | 8.761 | 15.89 | | |
| 4 | 8.074 | 9.22 | 14.19 | | |

Elaborado por: Ninel Santillán

Tabla 26. Datos del porcentaje de absorción de M2



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



| | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|---|-------------|-------|
| REALIZADO POR: | MUESTRA 2 | MINA SANTA CLARA | | |
| Ninel Santillán Alarcón | | Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, | | |
| DIRECTOR DEL PROYECTO: | UBICACIÓN: | Laboratorios de Ingeniería civil Unach. | | |
| Ing. Javier Palacios | FECHA DE MUESTREO: | 06/03/2018 | HORA | 16:00 |
| | FECHA DE ENSAYO: | 07/03/2018 | HORA | 16:00 |

TABULACIÓN DE RESULTADOS

| Cód Bloq. | Peso Seco (kg) | Peso húmedo (kg) | Porcentaje de Absorción (%) | Absorción Promedio (%) | Observaciones |
|-----------|----------------|------------------|-----------------------------|------------------------|---|
| 1 | 7.750 | 8.478 | 9.39 | 9.42 | Se realizo el ensayo con un total de 6 muestras, de las cuales 2 se perdieron porque el mampuesto se desintegraba |
| 2 | 8.275 | 8.671 | 4.79 | | |
| 3 | 7.922 | 8.641 | 9.08 | | |
| 4 | 7.383 | 8.447 | 14.41 | | |

Elaborado por: Ninel Santillán

Anexo 8. Evidencias fotográficas.



Fotografía 1: Arcilla de Cochancay UCEM.



Fotografía 2: Recolección de la arcilla Cochancay.



Fotografía 3: Recolección de arcilla mina Santa Clara.



Fotografía 4: Ensacado de la arcilla de Santa Clara.



Fotografía 5: Pesando las muestras de arcilla.



Fotografía 6: Secado de las muestras de arcilla en el horno.



Fotografía 7: Tamizado de las arcillas.



Fotografía 8: Peso del suelo retenido en el tamiz.



Fotografía 9: Segundo ensayo de granulometría.



Fotografía 10: Ensayo del límite líquido de las arcillas.



Fotografía 11: Determinación de la densidad de la arcilla.



Fotografía 12: Presa de la Red EcoSur.



Fotografía 13: Secado de las arcillas al aire libre.



Fotografía 14: Molido de la arcilla n los molinos para Cal.



Fotografía 15: mezclado de M2 en la concretera de 1 saco.



Fotografía 16: Peso de los materiales para la dosificación de M2.



Fotografía 17: Colocación de la mezcla M2 en la prensa para adobes.



Fotografía 18: Aplicación de fuerza en los mampuestos con la palanca.



Fotografía 19: Ladrillos elaborados con M2.



Fotografía 20: curado de los mampuestos M2 con aditivo.



Fotografía 21: Ensayo a la compresión a los 7 días de M2.



Fotografía 22: Resultados después de la rotura de M2.



Fotografía 23: Pre mezcla en seco de la mezcla para M1.



Fotografía 24: mezclado de M1 en la concretera de 1 saco.



Fotografía 25: Colocación de la mezcla M1 en la prensa para adobes.



Fotografía 26: Ladrillos elaborados con M1.



Fotografía 27: curado de los mampuestos M1 con aditivo.



Fotografía 28: Peso de los mampuestos antes del ensayo a compresión.



Fotografía 29: Ensayo a la compresión a los 7 días de M1.



Fotografía 30: Resultados después de la rotura de M1.



Fotografía 31: Ensayo a la compresión a los 14 días de M2.



Fotografía 32: Ensayo a la compresión a los 14 días de M1.



Fotografía 33: tomando la medida de los ladrillos antes del ensayo a compresión.



Fotografía 34: Ensayo a la compresión a los 21 días de M2.



Fotografía 35: resultados de la compresión de M2 a los 28 días.

LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN
Control de Calidad para los Proyectos

PROYECTO: _____
 IDENTIFICACIÓN: _____
 RESULTADOS: Solo Anál. Suelo
 FASE/ESTADIO: _____

BOLETIN N° _____

| Cód. de grupo | DESCRIPCIÓN | Dimensiones | | | Espesor de junta | Esp. de prueba | Número de ensayos | Observaciones | Resultado |
|---------------|-------------------------------------|-------------|------|-------|------------------|----------------|-------------------|---------------|-----------|
| | | Longitud | Alto | Ancho | | | | | |
| 1 | Pruebas de resistencia a compresión | 180 | 90.5 | 140 | 10.0 | 10 | 0.5.11.11.11 | Cachibambá | 1.34 Kg |
| 2 | Pruebas de resistencia a compresión | 116 | 30.5 | 140 | 10.0 | 20 | 0.5.11.11.11 | Cachibambá | 2.50 Kg |
| 3 | Pruebas de resistencia a compresión | 110 | 30.5 | 140 | 10.0 | 30 | 0.5.11.11.11 | Cachibambá | 1.41 Kg |
| 4 | Pruebas de resistencia a compresión | 115 | 30.5 | 140 | 10.0 | 30 | 0.5.11.11.11 | Cachibambá | 1.41 Kg |
| 5 | Pruebas de resistencia a compresión | 110 | 30.5 | 140 | 10.0 | 30 | 0.5.11.11.11 | Cachibambá | 1.02 Kg |
| 6 | Pruebas de resistencia a compresión | 108 | 30 | 140 | 10.0 | 30 | 0.5.11.11.11 | Santo Domingo | 1.04 Kg |
| 7 | Pruebas de resistencia a compresión | 110 | 30.5 | 140 | 10.0 | 30 | 0.5.11.11.11 | Santo Domingo | 2.04 Kg |
| 8 | Pruebas de resistencia a compresión | 105 | 30.0 | 140 | 10.0 | 30 | 0.5.11.11.11 | Santo Domingo | 2.04 Kg |
| 9 | Pruebas de resistencia a compresión | 105 | 30.0 | 140 | 10.0 | 30 | 0.5.11.11.11 | Santo Domingo | 2.04 Kg |
| 10 | Pruebas de resistencia a compresión | 104 | 30.0 | 140 | 10.0 | 30 | 0.5.11.11.11 | Santo Domingo | 2.04 Kg |

VERIFICACIÓN/REVISIÓN: _____
 PRECISIÓN DEL INSTRUMENTO: _____
 PRECISIÓN DEL RESULTADO: _____

Dir.: Venezuela 1 y La Paz - Barrio Bellavista / Tel.: 01 2966388 - 098983082 / e-mail: tl_laboratorio@yahoo.com / QUITO - ECUADOR

Fotografía 36: formato para la toma de resultados de compresión de los ladrillos.



Fotografía 37: toma de las medidas de los ladrillos M2 previo a realizar el ensayo a flexión a los 28 días.



Fotografía 38: colocación del mampuesto en los apoyos para flexión.



Fotografía 39: Ensayo a la compresión a los 28 días de M1.



Fotografía 40: Peso de los ladrillos para la obtención de la absorción.



Fotografía 41: colocación de los mampuestos en las piscinas de curado para la absorción



Fotografía 42: Ensayo a la flexión de M1 a los 28 días.