



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

**CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ROJAS PARA EL
USO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS, DENTRO DEL
SECTOR TIMBIANA, MORONA SANTIAGO.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MINAS

AUTOR:

JEFFERSON GUSTAVO MARÍN BARRERA

Macas – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA MINAS

**CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ROJAS PARA EL
USO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS, DENTRO DEL
SECTOR TIMBIANA, MORONA SANTIAGO.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MINAS

AUTOR: JEFFERSON GUSTAVO MARÍN BARRERA

DIRECTOR: Ing. MARCO ANTONIO MEJÍA FLORES Mgs.

Macas – Ecuador

2023

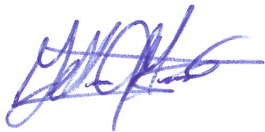
© 2023, Jefferson Gustavo Marín Barrera

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jefferson Gustavo Marín Barrera, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 25 de mayo de 2023


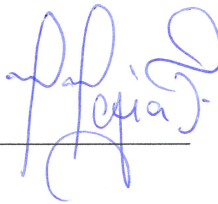


Jefferson Gustavo Marín Barrera

C.I.: 140119139-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA MINAS

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ROJAS PARA EL USO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS, DENTRO DEL SECTOR TIMBIANA, MORONA SANTIAGO**, realizado por el señor: **JEFFERSON GUSTAVO MARÍN BARRERA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos y legales en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|---|---|----------------|
| Ing. Jefferson Andrés Carranco López M.Sc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  _____ | 2023 – 05 – 25 |
| Ing. Marco Antonio Mejía Flores Mgs. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  _____ | 2023 – 05 – 25 |
| Ing. Mónica Patricia Feijoo Álvarez M.Sc. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  _____ | 2023 – 05 – 25 |

DEDICATORIA

A mis padres, Luis Marín y Sahara Barrera, por todo su amor, consejos, comprensión, sacrificios y apoyo incondicional que me han brindado toda la vida.

A mi querida esposa Thalía Villa e hijos; Maite y Jhoell, por todos los momentos de amor, felicidad, tristezas y complicidad que hemos pasado juntos, por ser el motor y el pilar de mi vida.

A mis queridos suegros, Carlos Villa y Luisa Guaraca, por sus consejos, enseñanzas y paciencia, por ese amor de padres que han sabido brindarme y sobre todo por darme el apoyo constante en mis estudios Universitarios.

A mis hermanos, Erick, Jadira, Jeanfranco y Daniel, por estar presentes siempre en cada momento, dándome fuerzas a no desistir y alcanzar mis objetivos.

A mis familiares y amigos; Kevin, Martin, Mike, Denis, Jorge, David, Johanna, Lucía y Miriam que siempre estuvieron presentes en cualquier situación que se me presentara. Y una dedicación especial para mi primo Richard Cabrera y amigo Xavier Moncayo (QPD), por todo el amor y cariño de hermanos que siempre me han brindado.

Jefferson

AGRADECIMIENTO

A mi Dios Padre Celestial, por darme la vida, salud y las herramientas necesarias para poder culminar con mis estudios. A mis padres Luís Marín y Sahara Barrera, por todo el apoyo que me han dado a lo largo de mi carrera universitaria, Al director de mi trabajo de titulación, Ing. Marco Antonio Mejía Flores y asesora Ing. Mónica Patricia Feijoo Álvarez, por brindarme asesoría, tiempo y conocimientos para el desarrollo del trabajo de titulación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional para obtener una mejor calidad de vida y la de mi familia.

Al Gobierno Provincial de Morona Santiago por facilitarme con los ensayos de laboratorio, en especial al Ing. Carlos Sarmiento por su paciencia y guiarme paso a paso en todos los procesos.

Jefferson

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|------------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xii |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | xiii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xv |
| RESUMEN..... | xvi |
| SUMMARY..... | xvii |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|---|---|
| 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1. Antecedentes..... | 2 |
| 1.2. Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.3. Justificación..... | 3 |
| 1.4. Objetivos..... | 4 |
| 1.4.1. <i>Objetivo general</i> | 4 |
| 1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> | 4 |

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1. Arcilla..... | 5 |
| 2.1.1. <i>Generalidades</i> | 5 |
| 2.1.2. <i>Origen de las arcillas</i> | 6 |
| 2.1.3. <i>Clasificación de las arcillas</i> | 6 |
| 2.1.4. <i>Estructura de las arcillas</i> | 7 |
| 2.1.5. <i>Geología general de las arcillas</i> | 8 |
| 2.1.6. <i>Mineralogía de las arcillas</i> | 9 |
| 2.1.6.1. <i>Grupo caolín</i> | 9 |
| 2.1.6.2. <i>Grupo Montmorillonita</i> | 10 |
| 2.1.6.3. <i>Grupo Illita o Hidromica</i> | 10 |
| 2.1.6.4. <i>Grupo Attapulgita y Sepiolita</i> | 11 |
| 2.1.6.5. <i>Grupo Alofana</i> | 11 |
| 2.1.7. <i>Clasificación de los suelos</i> | 11 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 2.1.7.1. | <i>Sistema AASHTO</i> | 11 |
| 2.1.7.2. | <i>Procedimiento para la clasificación de suelos</i> | 12 |
| 2.1.7.3. | <i>Sistema USCS</i> | 13 |
| 2.1.7.4. | <i>Procedimiento para la clasificación de suelos</i> | 14 |
| 2.1.8. | <i>Propiedades de las arcillas</i> | 16 |
| 2.1.8.1. | <i>Plasticidad</i> | 16 |
| 2.1.8.2. | <i>Distribución granulométrica</i> | 16 |
| 2.1.8.3. | <i>Contracción</i> | 17 |
| 2.1.8.4. | <i>Refractariedad</i> | 17 |
| 2.1.8.5. | <i>Porosidad</i> | 17 |
| 2.1.8.6. | <i>pH</i> | 17 |
| 2.1.8.7. | <i>Color</i> | 17 |
| 2.1.9. | <i>Clasificación de las arcillas</i> | 17 |
| 2.1.9.1. | <i>Según su origen</i> | 18 |
| 2.1.9.2. | <i>Según su composición</i> | 18 |
| 2.1.9.3. | <i>Según su capacidad de absorción de agua</i> | 19 |
| 2.1.10. | <i>Aplicaciones de las arcillas</i> | 20 |
| 2.1.10.1. | <i>Según sus aplicaciones industriales</i> | 20 |
| 2.1.10.2. | <i>Según su empleo en la construcción</i> | 22 |
| 2.2. | Ladrillos | 24 |
| 2.2.1. | <i>Proceso artesanal de fabricación de ladrillos</i> | 24 |
| 2.2.1.1. | <i>Extracción</i> | 24 |
| 2.2.1.2. | <i>Depuración de la mezcla</i> | 24 |
| 2.2.1.3. | <i>Amasado</i> | 25 |
| 2.2.1.4. | <i>Moldeado</i> | 25 |
| 2.2.1.5. | <i>Secado</i> | 26 |
| 2.2.1.6. | <i>Cocción</i> | 26 |
| 2.2.2. | <i>Proceso industrial de fabricación de ladrillos</i> | 27 |
| 2.2.2.1. | <i>Extracción</i> | 27 |
| 2.2.2.2. | <i>Preparación del material</i> | 27 |
| 2.2.2.3. | <i>Moldeado</i> | 27 |
| 2.2.2.4. | <i>Secado</i> | 27 |
| 2.2.2.5. | <i>Cocción</i> | 27 |
| 2.2.3. | <i>Propiedades de los ladrillos</i> | 28 |
| 2.2.4. | <i>Tipos de ladrillos</i> | 29 |
| 2.2.4.1. | <i>Ladrillo cocido de arcilla</i> | 29 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 2.2.4.2. | <i>Ladrillo perforado</i> | 29 |
| 2.2.4.3. | <i>Ladrillo perforado al canto</i> | 29 |
| 2.2.4.4. | <i>Ladrillo visto</i> | 29 |
| 2.2.4.5. | <i>Ladrillo refractario</i> | 29 |
| 2.2.4.6. | <i>Ladrillo decorativo</i> | 30 |
| 2.3. | Marco Legal | 31 |
| 2.3.1. | <i>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 293:1977</i> | 31 |
| 2.3.1.1. | <i>Materia prima</i> | 31 |
| 2.3.1.2. | <i>Fabricación</i> | 31 |
| 2.3.1.3. | <i>Dimensiones y tolerancias</i> | 31 |
| 2.3.2. | <i>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 297:1977</i> | 32 |
| 2.3.2.1. | <i>Clasificación</i> | 32 |
| 2.3.2.2. | <i>Requisitos</i> | 32 |
| 2.3.2.3. | <i>Requisitos de resistencia mecánica</i> | 33 |

CAPÍTULO III

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3. | MARCO METODOLÓGICO | 34 |
| 3.1. | Tipo de investigación | 34 |
| 3.1.1. | <i>Investigación aplicada</i> | 34 |
| 3.1.2. | <i>Investigación documental</i> | 34 |
| 3.1.3. | <i>Investigación experimental</i> | 34 |
| 3.1.4. | <i>Investigación de campo</i> | 34 |
| 3.2. | Método de investigación | 35 |
| 3.2.1. | <i>Método inductivo</i> | 35 |
| 3.3. | Enfoque de la investigación | 35 |
| 3.4. | Muestra | 35 |
| 3.4.1. | <i>Muestreo aleatorio sistemático</i> | 35 |
| 3.5. | Equipos y materiales | 35 |
| 3.6. | Desarrollo del trabajo en campo | 36 |
| 3.6.1. | <i>Ubicación del área de estudio</i> | 37 |
| 3.6.1.1. | <i>Acceso</i> | 38 |
| 3.6.2. | <i>Selección de puntos de muestreo</i> | 39 |
| 3.6.3. | <i>Recolección de muestras</i> | 39 |
| 3.6.3.1. | <i>Estratificación del afloramiento de arcilla</i> | 40 |
| 3.6.4. | <i>Etiquetado de muestras</i> | 40 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.6.5. | <i>Almacenamiento y transporte de muestras</i> | 42 |
| 3.7. | Pruebas físicas y mecánicas | 42 |
| 3.7.1. | <i>Humedad</i> | 42 |
| 3.7.2. | <i>Límite líquido</i> | 42 |
| 3.7.3. | <i>Límite plástico</i> | 44 |
| 3.7.4. | <i>Absorción</i> | 45 |
| 3.7.5. | <i>Granulometría</i> | 46 |
| 3.8. | Fabricación de ladrillos tipo | 46 |
| 3.8.1. | <i>Recolección de materia prima</i> | 47 |
| 3.8.2. | <i>Preparación de materia prima</i> | 47 |
| 3.8.3. | <i>Dosificación y mezclado</i> | 47 |
| 3.8.4. | <i>Amasado</i> | 50 |
| 3.8.5. | <i>Moldeado</i> | 51 |
| 3.8.6. | <i>Secado</i> | 52 |
| 3.8.7. | <i>Cocción</i> | 52 |
| 3.9. | Pruebas de calidad de los ladrillos tipo | 54 |
| 3.9.1. | <i>Variación de la longitud de los ladrillos</i> | 54 |
| 3.9.2. | <i>Ensayo de absorción del ladrillo</i> | 54 |
| 3.9.2.1. | <i>Equipos y materiales para ensayo de absorción</i> | 54 |
| 3.9.2.2. | <i>Preparación de las muestras</i> | 55 |
| 3.9.2.3. | <i>Procedimiento</i> | 55 |
| 3.9.2.4. | <i>Análisis de resultados</i> | 57 |
| 3.9.3. | <i>Ensayo de esfuerzo a compresión simple</i> | 57 |
| 3.9.3.1. | <i>Preparación de las muestras</i> | 57 |
| 3.9.3.2. | <i>Procedimiento del ensayo</i> | 58 |
| 3.9.3.3. | <i>Interpretación de resultados</i> | 59 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|--------|---|----|
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 61 |
| 4.1. | Resultados del ensayo de porcentaje de humedad natural | 61 |
| 4.2. | Resultados del ensayo de límite líquido | 62 |
| 4.3. | Resultados del ensayo de límite plástico | 65 |
| 4.4. | Índice de plasticidad | 66 |
| 4.4.1. | <i>Carta de plasticidad</i> | 67 |
| 4.5. | Resultados de granulometría | 68 |

| | | |
|---------------|---|----|
| 4.6. | Resultados de los análisis de ladrillos tipo | 69 |
| 4.6.1. | <i>Resultado de la variación de longitud</i> | 69 |
| 4.6.2. | <i>Resultado del porcentaje de absorción de humedad</i> | 70 |
| 4.6.3. | <i>Resultado de la resistencia a la compresión simple</i> | 71 |

CAPÍTULO V

| | | |
|-------------|---|----|
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 73 |
| 5.1. | Conclusiones | 73 |
| 5.2. | Recomendaciones | 75 |

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| Tabla 1-2: | Composición química de la corteza terrestre y la arcilla roja común..... | 6 |
| Tabla 2-2: | Clasificación de las arcillas según su origen | 7 |
| Tabla 3-2: | Clasificación de las arcillas (datos estructurales y composición)..... | 9 |
| Tabla 4-2: | Clasificación de suelos – Sistema AASHTO | 13 |
| Tabla 5-2: | Sistema de clasificación de suelos USCS - GRUESOS | 15 |
| Tabla 6-2: | Sistema de clasificación de suelos USCS – FINOS | 15 |
| Tabla 7-2: | Tipos de ladrillos | 30 |
| Tabla 8-2: | Tolerancias y resistencias de los ladrillos..... | 31 |
| Tabla 9-2: | Requisitos de resistencia mecánica de ladrillos cerámicos..... | 33 |
| Tabla 1-3: | Equipos y materiales..... | 36 |
| Tabla 2-3: | Información de la zona de estudio | 37 |
| Tabla 3-3: | Coordenadas de los puntos de muestreo..... | 39 |
| Tabla 4-3: | Etiqueta de muestras de arcilla | 41 |
| Tabla 5-3: | Porcentaje de absorción de las muestras de arcilla y sílice | 48 |
| Tabla 6-3: | Dosificación de materias primas para la pasta cerámica | 49 |
| Tabla 7-3: | Porcentaje de humedad de la pasta | 51 |
| Tabla 8-3: | Dimensiones modulares normales de ladrillos cerámicos | 52 |
| Tabla 9-3: | Requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos..... | 60 |
| Tabla 1-4: | Porcentaje de humedad natural de las muestras de arcilla..... | 61 |
| Tabla 2-4: | Resultados del ensayo de límite líquido de las muestras de arcilla | 62 |
| Tabla 3-4: | Resultados del ensayo de límite plástico | 65 |
| Tabla 4-4: | Índice de plasticidad de las muestras de arcilla | 66 |
| Tabla 5-4: | Distribución granulométrica de las muestras de arcilla..... | 68 |
| Tabla 6-4: | Síntesis de resultados de la caracterización de las arcillas del sector Timbiana.... | 69 |
| Tabla 7-4: | Variación de longitud de los ladrillos tipo..... | 70 |
| Tabla 8-4: | Resultados del porcentaje de absorción de humedad de los ladrillos | 70 |
| Tabla 9-4: | Resultado de la resistencia a la compresión simple..... | 71 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | | |
|--------------------------|---|----|
| Ilustración 1-2: | Estructura básica de las arcillas | 8 |
| Ilustración 2-2: | Caolinita..... | 10 |
| Ilustración 3-2: | Montmorillonita..... | 10 |
| Ilustración 4-2: | Alofana | 11 |
| Ilustración 5-2: | Arcilla común | 20 |
| Ilustración 6-2: | Arcilla de tipo caolín..... | 21 |
| Ilustración 7-2: | Arcilla bentonita | 21 |
| Ilustración 8-2: | Ladrillos | 22 |
| Ilustración 9-2: | Refractarios de arcilla | 22 |
| Ilustración 10-2: | Porcelanas siglo XVI | 23 |
| Ilustración 11-2: | Azulejo de arcilla..... | 23 |
| Ilustración 12-2: | Extracción de arcilla roja | 24 |
| Ilustración 13-2: | Maduración o reposo de la arcilla..... | 25 |
| Ilustración 14-2: | Amasado de la arcilla..... | 25 |
| Ilustración 15-2: | Moldeado de los ladrillos..... | 26 |
| Ilustración 16-2: | Cocción de los ladrillos de arcilla..... | 26 |
| Ilustración 1-3: | Equipos y Materiales | 36 |
| Ilustración 2-3: | Ubicación de la parroquia Río Blanco | 37 |
| Ilustración 3-3: | Ubicación del área de estudio | 38 |
| Ilustración 4-3: | Puntos de muestreo de recolección de muestras | 39 |
| Ilustración 5-3: | Estratigráfico del afloramiento de la arcilla en Timbiana,..... | 40 |
| Ilustración 6-3: | Recolección y etiquetado de muestras | 41 |
| Ilustración 7-3: | Cálculo de la humedad de la arcilla | 42 |
| Ilustración 8-3: | Cálculo del límite líquido de la arcilla..... | 43 |
| Ilustración 9-3: | Cálculo del límite plástico de la arcilla..... | 44 |
| Ilustración 10-3: | Cálculo de la capacidad de absorción de la arcilla..... | 45 |
| Ilustración 11-3: | Cálculo de la granulometría de la arcilla | 46 |
| Ilustración 12-3: | Dosificación y mezclado para la pasta cerámica | 50 |
| Ilustración 13-3: | Amasado de la pasta cerámica | 50 |
| Ilustración 14-3: | Fabricación de moldes y proceso de moldeo | 51 |
| Ilustración 15-3: | Secado de los ladrillos tipo | 52 |
| Ilustración 16-3: | Proceso de cocción de los ladrillos tipo..... | 53 |
| Ilustración 17-3: | Ladrillos terminados | 53 |

| | | |
|--------------------------|--|----|
| Ilustración 18-3: | Medición del ladrillo tipo cocido..... | 54 |
| Ilustración 19-3: | Probetas para ensayo de compresión | 55 |
| Ilustración 20-3: | Secado y pesado en seco de las probetas | 56 |
| Ilustración 21-3: | Probetas sumergidas en agua | 56 |
| Ilustración 22-3: | Secado y pesado después de la sumersión | 56 |
| Ilustración 23-3: | Probetas para ensayo de compresión | 58 |
| Ilustración 24-3: | Ejecución del ensayo de resistencia a la compresión..... | 59 |
| Ilustración 1-4: | Porcentaje de humedad natural de las muestras de arcilla | 62 |
| Ilustración 2-4: | Curva % Humedad vs # Golpes – Ensayo de Casagrande..... | 64 |
| Ilustración 3-4: | Límite líquido promedio de las muestras de arcilla | 64 |
| Ilustración 4-4: | Límite plástico promedio de las muestras de arcilla | 65 |
| Ilustración 5-4: | Índice de plasticidad de las muestras de arcilla | 66 |
| Ilustración 6-4: | Carta de plasticidad de Casagrande | 67 |
| Ilustración 7-4: | Distribución granulométrica de las muestras de arcilla | 68 |
| Ilustración 8-4: | Porcentaje de absorción de humedad de los ladrillos tipo | 71 |
| Ilustración 9-4: | Resistencia a la compresión de los ladrillos tipo | 72 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN Y ETIQUETADO EN CADA PUNTO DE MUESTREO

ANEXO B: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo analizar las características físicas de la arcilla roja localizada en el sector Timbiana de la parroquia rural Río Blanco del cantón Morona, provincia de Morona Santiago para la elaboración de ladrillos artesanales. La investigación de campo se desarrolló en un terreno de 3189.50 metros cuadrados estableciendo ocho puntos de muestreo y se tomaron muestras de tres kilogramos. Se aplicó la investigación experimental tanto en los análisis físicos de las propiedades de las arcillas realizados en el Laboratorio de Suelos del GAD de Morona Santiago como en la dosificación de materias primas para la fabricación de ladrillos artesanales. Los análisis de granulometría, porcentaje de humedad, límite plástico y límite líquido con mejores resultados corresponden a las arcillas de los puntos PM1, PM2 y PM3 con índices de plasticidad de 13.59, 16.22 y 24.84 respectivamente; estas arcillas se mezclaron en dosis diferentes con aditivos como aserrín y sílice. Los ladrillos tipo formados por las muestras tomadas se fabricaron en la empresa artesanal FALCO de la ciudad de Cuenca y posteriormente se sometieron a análisis de variación de longitud, esfuerzo a la compresión y capacidad de absorción de humedad; determinando que los ladrillos que cumplen con los requisitos dados por la norma NTE INEN 297 son las piezas R02M23 y R05M23, el primero con un contenido de 80% de arcilla PM2, 15% de sílice y 5% de aserrín; y, el segundo con un contenido de 25% de cada arcilla PM1, PM2 y PM3, 20% de sílice y 5% de aserrín. Se concluye que las arcillas de los puntos PM1, PM2 y PM3 son idóneas para su uso en la fabricación de ladrillos. Se recomienda la recolección de muestras en días con características meteorológicas homogéneas a fin de no alterar las propiedades de las arcillas.

Palabras clave: <ARCILLAS ROJAS>, <TIMBIANA (SECTOR)>,<LADRILLOS ARTESANALES>,<ÍNDICE DE PLASTICIDAD>, <ESFUERZO A LA COMPRESIÓN>, <NTE INEN 297>.



#1007-UTP-DBRA-2023

SUMMARY

This study aimed to analyze the physical characteristics of the red clay located in Timbiana area of Río Blanco rural parish in Morona canton, province of Morona Santiago, for the production of handmade bricks. The field research was carried out in a 3189.50 square meter field, establishing eight sampling points and three kilogram samples were taken. Experimental research was applied both in the physical analysis of the properties of the clays carried out in the Soil Laboratory of the GAD of Morona Santiago and in the dosage of raw materials for the manufacture of handmade bricks. The analyses of granulometry, moisture percentage, plastic limit and liquid limit with the best results correspond to the clays of points PM1, PM2 and PM3 with plasticity indexes of 13.59, 16.22 and 24.84 respectively. These clays were mixed in different doses with additives, such as sawdust and silica. The type bricks formed by the samples taken, were manufactured in the artisan company FALCO in the city of Cuenca and were subsequently subjected to analysis of length variation, compressive strength and moisture absorption capacity. It was determined that the bricks that meet the requirements of the NTE INEN 297 standard are R02M23 and R05M23; the first with a content of 80% PM2 clay, 15% silica and 5% sawdust; and the second with a content of 25% of each PM1, PM2 and PM3 clay, 20% silica and 5% sawdust. It is concluded that the PM1, PM2 and PM3 clays are suitable for use in the manufacture of bricks. It is recommended to collect samples on days with homogeneous meteorological characteristics, so as not to alter the properties of the clays.

Keywords: <RED CLAYS>, <TIMBIANA (AREA)>, <HANDMADE BRICKS>, <PLASTICITY INDEX>, <COMPRESSION EFFORT>, <NTE INEN 297>.



Lic. Jessica Galimberti Mg.

CI: 175646848-2

INTRODUCCIÓN

El uso de la arcilla se remonta a la antigüedad, su principal empleo se refiere a las actividades humanas de construcción, uno de los ejemplos más claro es la fabricación artesanal de ladrillos como componente principal de pisos y paredes en edificaciones, esto, debido a las características propias del material que aportan durabilidades, altas resistencias (físicas, químicas y mecánicas) (Vieria et al., 2000 citado en Tenesaca, 2019, p. 14).

El presente trabajo de integración curricular brinda información del estudio de caracterización de las arcillas utilizadas en la fabricación de ladrillos en el sector Timbiana, provincia de Morona Santiago a través de una base teórica y experimental en la que se describen las propiedades de estas, así como sus usos específicos dentro del proceso de fabricación de ladrillos de construcción.

El Capítulo I, presenta los antecedentes de la investigación, así como el planteamiento del problema y la justificación del estudio.

En el Capítulo II, se describe el estado actual del arte, los conceptos y definiciones requeridas por el investigador para el estudio y, las bases legales en relación con la conservación del medio ambiente.

El Capítulo III, muestra la metodología de investigación y los procesos desarrollados desde la toma de muestras de las arcillas hasta su proceso de caracterización.

En el Capítulo IV, se describe la caracterización de las arcillas mediante la descripción de las propiedades físicas, químicas y mineralógicas.

Finalmente, en el Capítulo V, se escriben las conclusiones del investigador y las recomendaciones tanto para el investigador como para los involucrados en el estudio.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Las arcillas forman la principal materia prima empleada en la elaboración de cerámicos de construcción (finas y gruesas); estas arcillas se encuentran en todas las formaciones geológicas, desde las más antiguas hasta las más recientes, como principal génesis la meteorización de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de todo tipo, como resultado estos materiales poseen, características físicas, químicas y mineralógicas que difieren en un rango amplio, incluso dentro de un mismo depósito arcilloso (Barba et al., 1997 citado en Santos et al. 2009, párr. 3).

Las arcillas son elementos constituidos por aluminosilicatos cristalinos o amorfos, considerados como minerales propios de la arcilla, pero también se encuentran minerales no arcillosos como silicatos, óxidos, geles y otros. La particularidad de los depósitos sedimentarios y por lo tanto, de las arcillas cerámicas es la heterogeneidad de su mineralogía, que influye directamente en la variación de sus propiedades (Martín. 2005 citado en Florez, 2019, p. 1).

Una gran parte de las construcciones civiles de la provincia de Morona Santiago, han utilizado el ladrillo como material principal en los elementos estructurales de las viviendas (pisos y paredes). Por lo otro lado, Johanna Romero (2021, p. 4) indica que las industrias ladrilleras se ubican mayoritariamente en la zona Sierra centro del país, en las provincias de Cotopaxi, Pichincha, Azuay, Chimborazo y Loja; mientras que, en la provincia de Morona Santiago existe apenas una pequeña empresa dedicada a esta actividad de forma tradicional y con producción intermitente, esta se ubica en el sector de Arapícos.

Estas industrias ladrilleras, generalmente tienen procesos de manufactura artesanal por lo que mantienen formas de fabricación tradicional, es decir, la dosificación de materiales y los tiempos de cocción no han sido estandarizados; además, el conocimiento sobre los requisitos técnicos establecidos por la normativa INEN es escaso, y por lo tanto, el producto final no cuenta con ensayos y pruebas que establezcan su calidad y aptitud para su utilización en sistemas de construcción.

1.2. Planteamiento del problema

En la región amazónica, específicamente en la provincia de Morona Santiago existen yacimientos de suelos arcillosos, sin embargo, existe una única pequeña empresa ladrillera dedicada a la producción artesanal de este material de construcción; de manera que los habitantes de la provincia deben adquirir este producto en otras zonas, implicando un mayor costo de inversión debido al valor de transporte. La fabricación de ladrillos de forma artesanal utiliza como materia prima las arcillas recolectadas por el productor y sometidas a cocción, al finalizar el proceso de fabricación, los artesanos suelen romper una pieza de ladrillo para probar la dureza y color de este, como prueba de calidad. En este contexto, al ser una producción artesanal no existe un estudio previo sobre las características de las arcillas utilizadas, por lo tanto, este proyecto se plantea la siguiente interrogante:

¿Los suelos arcillosos del sector Timbiana perteneciente a la parroquia rural Río Blanco del cantón Morona, provincia de Morona Santiago cumplen con las características necesarias para la fabricación de ladrillos?

1.3. Justificación

El presente trabajo pretende solucionar un problema común en el entorno civil de la población relacionado con las características de las arcillas de los suelos que son utilizadas en el proceso de fabricación de ladrillos empleados principalmente en la construcción, dichas arcillas se ubican en el sector Timbiana en la parroquia rural Río Blanco del cantón Morona, provincia de Morona Santiago.

Actualmente, la elaboración de ladrillos se realiza de forma artesanal y sin ninguna supervisión de calidad, por lo tanto, la falta de conocimientos técnicos impide la estandarización de procesos y dificulta la verificación de la calidad de los ladrillos. La caracterización de las arcillas tiene el propósito de establecer las propiedades físicas, mecánicas y mineralógicas de las mismas; y su aptitud para ser empleadas como materia prima en la fabricación de ladrillos.

El estudio considera las áreas de Geotecnia, en la descripción de la composición y propiedades de las zonas superficiales de la corteza terrestre, es decir, los suelos; así también el campo de la Mineralogía sobre las características propias de los minerales desde las propiedades físicas, su composición química y características de simetría; y también, lo referente a Legislación y Ética

Minera tanto en el cumplimiento de normas ambientales como en la seguridad y salud de los trabajadores.

La factibilidad del estudio se debe a que, existe un fácil acceso a la zona de estudio y previamente se han establecido conversaciones con los dirigentes del sector, contando con la autorización para el ingreso a los yacimientos minerales y la toma de muestras. Los resultados de este proyecto beneficiarán principalmente a la población, dado que, mejoraría la producción de ladrillos y garantizaría que el producto final cumpla con los requerimientos de calidad para su utilización en edificaciones. Además, esta investigación constituiría una base documental para futuros estudios que conduzcan a la industrialización de las empresas ladrilleras a través de la estandarización de procesos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar las características físicas de la arcilla roja localizada en el sector Timbiana de la parroquia rural Río Blanco del cantón Morona, provincia de Morona Santiago para la elaboración de ladrillos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Delimitar la zona de afloramiento de la arcilla roja dentro del sector de Timbiana en la parroquia Río Blanco del cantón Morona.
- Determinar las características físicas mecánicas de la arcilla.
- Realizar los ensayos de laboratorio para la elaboración de la pasta, cocción y prueba de calidad de ladrillo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Arcilla

Las arcillas son depósitos térreos, formados por la acumulación de materia mineral de procesos geológicos desarrollados en la corteza terrestre; el material granuloso fino tiene tamaños de partículas inferiores a 2 micrómetros; son minerales de aluminosilicatos hidratados y cristalinos con propiedades plásticas que incluyen cantidades adecuadas de agua, endurecimiento al secado y a la quema (Besoain, 1985 citando en Tenesaca, 2019, p. 20).

Una definición más ampliada propuesta por Rhodes (1990 citado en Barranzuela, 2014, p. 6) señala que la arcilla es un compuesto de minerales y sustancias coloidales formadas por desintegración química de grandes rocas alúminas a través del tiempo por los múltiples procesos geológicos de envejecimiento del planeta Tierra, dado que, los procesos geológicos son permanentes, se considera las arcillas como un material abundante en la corteza terrestre.

2.1.1. Generalidades

Las arcillas son sustancias constituidas por aluminosilicatos cristalinos o amorfos constituidos por minerales arcillosos y no arcillosos como silicatos, óxidos y otros; su principal característica es la heterogeneidad de la mineralogía que le otorga las propiedades físicas y químicas (Florez, 2019, p. 1).

La arcilla en el entorno natural se compone por varios minerales arcillosos que son silicatos de aluminio y también contienen productos hidratados de la descomposición de las rocas aluminosas y silicatadas y, otras sustancias como pedazos de rocas, óxidos, álcalis y material coloidal (Del Río, 1975 citado en Romero, 2021, p. 11).

Tabla 1-2: Composición química de la corteza terrestre y la arcilla roja común

| Componente | Corteza Terrestre (%) | Arcilla roja común (%) |
|--|------------------------------|-------------------------------|
| SiO ₂ (óxido de silicio) | 59,14 | 57,02 |
| Al ₂ O ₃ (óxido de aluminio) | 15,34 | 19,15 |
| Fe ₂ O ₃ (óxido férrico) | 6,88 | 6,70 |
| MgO (óxido de magnesio) | 3,49 | 3,08 |
| CaO (óxido de calcio) | 5,08 | 4,26 |
| Na ₂ O (óxido de sodio) | 3,84 | 2,38 |
| K ₂ O (óxido de potasio) | 3,13 | 2,03 |
| H ₂ O (agua) | 1,15 | 3,45 |
| TiO ₂ (óxido de titanio IV) | 1,05 | 0,91 |

Fuente: Rhodes, 1990 citado en Barranzuela, 2014, p. 7.

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

2.1.2. Origen de las arcillas

La arcilla desde el punto de vista químico está formada por silicio (Si), aluminio (Al), oxígeno (O) e hidrógeno (H). Los grupos de silicatos son abundantes minerales en la corteza terrestre y tienen relación con la evolución geológica de la Tierra, es decir, las características de estos minerales dependen estrictamente de la roca madre de donde proviene y el ambiente al que se enfrentaron durante la etapa de arrastre o deposición.

Las arcillas se formaron por tres mecanismos principales:

- Por herencia: El material arcilloso se deriva de una roca madre y es la arcilla predominante en sedimentos de lagos y mares, principalmente en las zonas árticas.
- Por neoformación y transformación: A través de reacciones químicas entre varios componentes utilizando mayor energía y determinadas condiciones hidrotérmicas; tienen relación con la latitud de la tierra y por lo tanto, las arcillas formadas por estos mecanismos se encuentran en zonas trópico-húmedas (Zea, 2005, p. 43).

2.1.3. Clasificación de las arcillas

La clasificación de las arcillas puede realizarse desde varias perspectivas como composición mineralógica, evolución geológica, composición química, color, temperatura de cocción, porosidad posterior a la cocción y usos industriales. De acuerdo con Astudillo y Áviles (2005 citado

en Tenesaca, 2019, p. 20), desde el punto de vista de las aplicaciones de los materiales arcillosos en el área industrial se clasifican en:

- Arcillas rojas de calcinación
- Arcillas blancas de calcinación: caolines y arcillas grasas
- Arcillas refractarias: caolines sedimentarios arcillas refractarias, arcillas de alto contenido de alúmina.
- Arcillas de productos arcillosos pesados.
- Arcillas para gres.
- Arcillas fácilmente fusibles.

Otra contextualización de las arcillas las clasifica según su origen:

Tabla 2-2: Clasificación de las arcillas según su origen

| | | | | |
|----------------------|--|--|---|--|
| Materia residual | Sin movimiento durante la formación | Productos de meteorización ordinaria | De rocas cristalinas | Arcilla residual impura. Caolín primario. |
| | | | De rocas sedimentarias | Arcilla residual impura. Arcilla caolinítica. |
| | | Productos de meteorización ordinaria más acción química | De rocas cristalinas | Bauxita |
| | | | De rocas sedimentarias | Bauxita Diásporo |
| Materia transportada | Depositado en aguas sin o poca acción de corrientes, en mares, lagos, pantanos, etc. | Productos de meteorización ordinaria | Lutita argilacea. Limo argilaceo. | |
| | | Productos de meteorización ordinaria más intensa acción química adicional. | Caolín sedimentario. Arcilla bola. Algunas bauxitas. Arcillas bituminosas. Diásporo | |
| | Depositado por aguas de suave movimiento, arroyos, estuarios, etc. | Productos de trituración algo meteorizados. | Lutita silícea. Limo silíceo. | |
| | Depositado por acción glacial. | Productos de abrasión más ligera meteorizados. | Arcilla glacial o till | |
| | Depositado por vientos. | Productos de abrasión más ligera meteorizados. | Loess | |

Fuente: Zea, 2005, p. 19.

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

2.1.4. Estructura de las arcillas

Las arcillas en su estructura laminar tienen la capacidad de almacenar agua en los denominados espacios interlaminares, formando difíciles de romper. La interacción permanente a lo largo del tiempo de las arcillas con la materia orgánica del suelo y algunos elementos como oxígeno contribuye a la estabilidad estructural para resistir a los efectos mecánicos destructivos. La cantidad de poros de las arcillas juntamente con la carga electrostática permiten que las raíces de las plantas absorban elementos como cationes de potasio, magnesio y amonio, necesarios para su desarrollo.

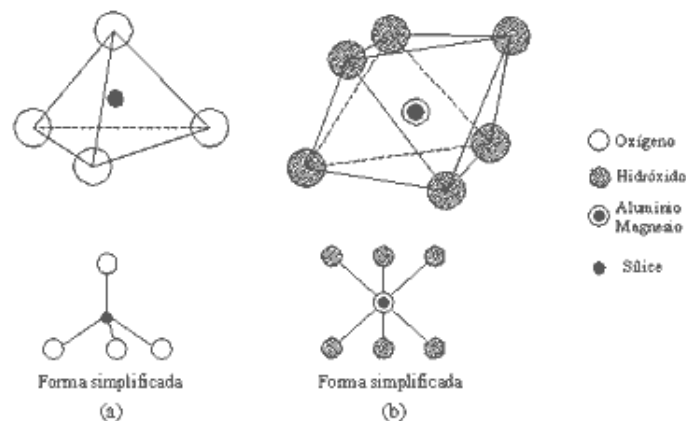


Figura 1.3. Estructuras atómicas básicas de los minerales de arcilla (Whitlow, 1994).
(a) Unidad tetraédrica. (b) Unidad octaédrica.

Ilustración 1-2: Estructura básica de las arcillas

Fuente: Whitlow, 1994.

2.1.5. Geología general de las arcillas

Como se mencionó en un apartado anterior, las arcillas han sido formadas por diversos mecanismos o variaciones geológicas en la corteza terrestre:

- Hidrólisis e hidratación de un silicato (silicato alcalino + agua) = (silicato alumínico hidratado + hidróxido alcalino).
- Disolución de una caliza u otro tipo de roca con contenidos de impurezas arcillosas no solubles.
- Acción de agentes atmosféricos en las lutitas (rocas sedimentarias ricas en arcilla).
- Sustitución de una roca por arcilla invasora.
- Depósito de arcilla arrastrada por cuerpos de agua (Zea, 2005, pp. 20-21).

La producción de arcilla puede desarrollarse incluso a profundidades considerables debido a las alteraciones hidrotermales; mientras que, en los yacimientos debido a los agentes atmosféricos en la superficie se forman a profundidades no mayores a las de la circulación de las aguas superficiales de la época en la cual se realizó la meteorización. En repetidas ocasiones la arcilla

ha sido transportada por acción de la gravedad, viento, corrientes de agua, olas o desplazamientos de hielo, y han sido depositadas en lechos o capas de otras rocas (Zea, 2005, p. 21).

2.1.6. Mineralogía de las arcillas

La mineralogía es el estudio de las propiedades físicas y químicas de los minerales existentes en la corteza terrestre en sus diferentes grados de agregación. De lo antes mencionado, la arcilla es una roca sedimentaria compuesta por uno o varios minerales con gran presencia de partículas de tamaño coloidal, mezclas homogéneas donde las partículas son lo suficientemente pequeñas para permanecer suspendidas. Los estudios mineralógicos han clasificado las arcillas en base a datos estructurales y composición en cinco grupos:

Tabla 3-2: Clasificación de las arcillas (datos estructurales y composición)

| Mineralogía de las arcillas | | Origen | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| Cristalinas | Caolín | Caolinita | Hidrotermal-meteorización |
| | | Dickita | Meteorización |
| | | Nacrita | Hidrotermal |
| | | Anauxita | Meteorización |
| | | Halloysita | Hidrotermal-meteorización |
| | | Endelita | Meteorización |
| | Montmorillonita | Montmorillonita | Meteorización |
| | | Nontronita | Hidrotermal |
| | | Saponita | Hidrotermal |
| | | Beidelita | Hidrotermal |
| | | Hectorita | Meteorización |
| | Illita o Hidrómicas | Illita | Meteorización |
| | Attapulgita Sepiolita | Attapulgita | Meteorización |
| Sepiolita | | Meteorización | |
| Amorfas | Alófana | Alófana | Meteorización |

Fuente: Zoe, 2005, p. 22.

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

2.1.6.1. Grupo caolín

Comprende el grupo de arcillas más utilizado en la industria, pues la caolinita se produce por hidrólisis del feldespato y otros silicatos por interacción con aguas hidrotermales al elevarse a la superficie o por meteorización ordinaria de rocas ígneas ácidas. La descomposición geológica por agentes químicos ha provocado la formación de caolinita en un medio oxidante y en condiciones ácidas y un medio reductor al eliminarse las bases de magnesio, alcálisis y óxido ferroso.

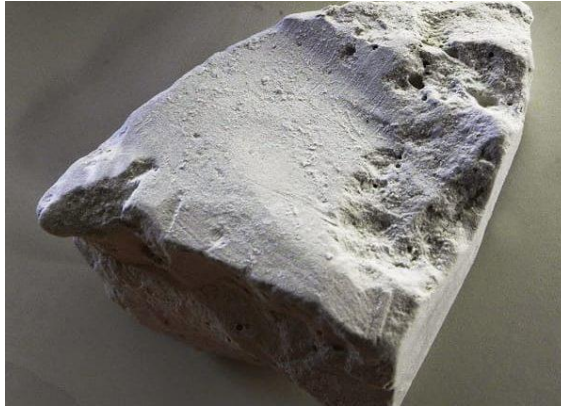


Ilustración 2-2: Caolinita

Fuente: Minería en Línea, 2019, p. 1.

2.1.6.2. Grupo Montmorillonita

Estos minerales se han formado por los agentes de atmosféricos a través de procesos de descomposición superficial de rocas, procesos hidrotermales a temperaturas bajas, alteración de cenizas volcánicas; el medio de formación de la montmorillonita por neutralización contrasta con el medio de formación de la caolinita.



Ilustración 3-2: Montmorillonita

Fuente: EcuRed, 2022, p. 1

2.1.6.3. Grupo Illita o Hidromica

La característica de este mineral es la presencia de potasio y propiedades parecidas a las de la mica moscovita, se estima que se produce por fijación potasa adsorbida a partir de la montmorillonita.

2.1.6.4. Grupo Attapulgita y Sepiolita

La attapulgita es el único mineral arcilloso que tiene estructura reticular en forma de cadena y es una arcilla rica en magnesio. Por su parte, la sepiolita, es un silicato magnésico hidratado.

2.1.6.5. Grupo Alofana

Es una solución sólida y amorfa de sílice, alúmina y agua.



Ilustración 4-2: Alohana

Fuente: Pinterest, 2022.

2.1.7. Clasificación de los suelos

2.1.7.1. Sistema AASHTO

El sistema de clasificación AASHTO se desarrolló para identificar los mejores materiales para la construcción de carreteras y determina la calidad relativa de suelos de terraplenes, subrasantes, subbases y bases.

Este sistema tiene una clasificación de suelos inorgánicos en siete grupos, denominados del A-1 al A-7; estableciendo el grupo A-1 como el mejor suelo para usar en la subrasante, puesto que, se compone por arena y grava, con pequeñas cantidades de arcilla. Los suelos orgánicos se clasifican en el grupo A-8.

Así también, establece una subclasificación en función de los finos que contenga el suelo, como índice de grupo (IG), mientras mayor sea el IG el suelo tiene menor calidad. Esta subclasificación establece estos criterios:

- Tamaño del grano (% que pasan por los tamices No. 10, No. 40 y No. 200).
- Plasticidad (LL, IP)
- Sobre tamaños (no se consideran, pero se registran) (Universidad Tecnológica de Chile – Instituto Profesional Centro de Formación Técnica, 2016, p. 4)

2.1.7.2. Procedimiento para la clasificación de suelos

El sistema de clasificación AASTHO se creó en 1929 y se modificó en 1945 por el Departamento público de caminos de los Estados Unidos y describe los pasos a seguir para identificar los suelos en uno de los siete grupos, basado en la granulometría, límite líquido y límite plástico.

El índice de grupo (IG) se determina según la siguiente fórmula:

$$IG = (F - 35) (0.2 + 0.005 (WL - 40)) + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Donde:

F: Porcentaje de material que pasa a través del tamiz No. 200 (B/0.08)

WL: Límite líquido (LL)

P: Índice de plasticidad (IP)

El valor de grupo se lee en números enteros y en caso de ser negativo se lee igual a cero y se escribe entre paréntesis.

El método AASTHO clasifica los suelos en tres grandes grupos:

- *Grava*: Material que pasa el tamiz de 8 mm y es retenido en el tamiz de 2 mm
- *Arena*: Material que atraviesa el tamiz de 2 mm y se retiene en el tamiz de 0.08 mm
- *Limo y arcilla*: Material que pasa por el tamiz de 0.08 mm

Tabla 4-2: Clasificación de suelos – Sistema AASHTO

| Clasificación general | Suelos granulares ($\leq 35\%$ pasa 0.08 mm) | | | | | | | Suelos finos ($> 35\%$ pasa el tamiz 0.08 mm) | | | | | |
|---|---|-----------|------------|---|-----------|-----------|-----------|--|-------------------|-----------|-----------|--------|--------|
| | Grupo | | A-1 | A-3 | | | | A-2 | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | |
| Sub grupo | A-1a | A-1b | | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6* | A-2-7* | | | | A-7-5* | A-7-6* |
| 2 mm | ≤ 50 | | | | | | | | | | | | |
| 0.5 mm | ≤ 30 | ≤ 50 | ≥ 51 | | | | | | | | | | |
| 0.08 mm | ≤ 15 | ≤ 25 | ≤ 10 | ≤ 35 | | | | ≥ 36 | | | | | |
| WL | | | | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | | |
| IP | ≤ 6 | | NP | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≥ 11 | ≥ 11 | | |
| Descripción | Gravas y arenas | | Arena fina | Gravas y arenas Limosas o arcillosas | | | | Suelos limosos | Suelos arcillosos | | | | |
| | ** A-7-5 : $IP \leq (WL-30)$ | | | | | | | A-7-6 : $IP > (WL-30)$ | | | | | |
| IG = | | | | | | | | | | | | | |
| * Para A-2-6 Y A-2-7; $IG = 0.01 (F-15) (IP-10)$ Si el suelo es NP; $IG = 0$ | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Universidad Tecnológica de Chile – Instituto Profesional Centro de Formación Técnica, 2016, p. 6

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

2.1.7.3. Sistema USCS

Este sistema de clasificación fue desarrollado por Casagrande y se centra en los materiales utilizados en la construcción de aeropuertos y en general para la clasificación de suelos en la construcción. Este sistema clasifica a los suelos en dos grandes categorías, en función de la granulometría, el suelo es granular cuando más del 50% es retenido en el tamiz No. 200 o es fino cuando el 50% o más del material pasa por este tamiz.

Establece cuatro criterios para la clasificación:

- Porcentajes de grava y arena
- Porcentaje de finos
- Límite líquido e índice de plasticidad
- Cc y Cu

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

2.1.7.4. Procedimiento para la clasificación de suelos

Clasifica a los suelos en dos grupos según la granulometría:

- Granulares: si más del 50% de las partículas son retenidas en el tamiz No. 200
- Cohesivos: si el 50% o más de las partículas pasan por el tamiz No. 200

Por otro lado, los suelos granulares se subclasifican en:

- Grava: representados con la letra mayúscula (G), si más del 50% de la fracción granular es retenida en el tamiz No. 4
- Arena: representados por la letra mayúscula (S), si el 50% o más de la fracción granular pasa por el tamiz No. 4

Las arenas y las gravas pueden clasificarse como:

- W Bien gradadas
- P Mal gradadas
- M Limosas
- C Arcillosas

Según las siguientes especificaciones:

- Si menos del 5% pasa por el tamiz No. 200, se utilizarán los sufijos W o P en dependencia del coeficiente de uniformidad y del coeficiente de curvatura.
- Si más del 12% pasa por el tamiz No. 200, se utilizan los sufijos M o C en dependencia de los valores de WL y de IP, según la carta de plasticidad.
- Si el porcentaje que pasa por el tamiz No. 200 está entre el 5% y el 12% se emplea una clasificación intermedia de símbolos dobles, W o P, y, M o C. En dependencia de la carta de plasticidad y el coeficiente de uniformidad y de curvatura.

Los suelos cohesivos se clasifican según los sufijos:

- M Limo
- C Arcilla
- O Suelo orgánico
- L Baja plasticidad
- H Alta plasticidad

Tabla 5-2: Sistema de clasificación de suelos USCS - GRUESOS

| GRUESOS (< 50 % que pasa 0.08 mm) | | | | | | |
|--|---------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|
| Tipo de suelo | Símbolo | % Retención en 5 mm | % que pasa por 0.08 mm | Cu | Cc | Índice de plasticidad IP |
| Gravas | GW | ≥ 50% de lo retenido en 0.08 mm | < 5 | > 4 | 1 a 3 | |
| | GP | | | Si no cumple requisitos de GW es Gp | | |
| | GM | | > 12 | | | < 0.73 (WL-20) o < 4 |
| | GC | | | | | > 0.73 (WL-20) y > 7 |
| Arenas | SW | < 50% retenido en 0.08 mm | < 5 | > 6 | 1 a 3 | |
| | SP | | | Si no cumple requisitos de GW es Gp | | |
| | SM | | > 12 | | | < 0.73 (WL-20) o < 4 |
| | SC | | | | | > 0.73 (WL-20) y > 7 |
| Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SSW-SM, SP-SC | | | | | | |
| Si IP = 0.73 (WL-20) o si IP entre 4 y 7 e IP > 0.73 (WL-20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC | | | | | | |
| En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej.: GW-GM en vez de GW-GC | | | | | | |

Fuente: Universidad Tecnológica de Chile – Instituto Profesional Centro de Formación Técnica, 2016, p. 6

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Tabla 6-2: Sistema de clasificación de suelos USCS – FINOS

| FINOS ≥ 50% pasa 0.08 mm | | | |
|---|---------|---|--|
| Tipo de suelo | Símbolo | Lím. Líquido WL | Índice de Plasticidad IP |
| Limos Inorgánicos | ML | < 50 | < 0.73 (WL-20) o < 4 |
| | MH | > 50 | < 0.73 (WL-20) |
| Arcillas Inorgánicas | CL | < 50 | < 0.73 (WL-20) y > 7 |
| | CH | > 50 | < 0.73 (WL-20) |
| Limos o arcillas orgánicas | OL | < 50 | **WL seco al horno ≤ 75% del WL seco al aire |
| | OH | > 50 | |
| Altamente orgánicos | P1 | Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente | |
| Si IP = 0.73 (WL-20) o si IP entre 4 y 7 e IP > 0.73 (WL-20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH. | | | |
| **Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente WL seco al horno | | | |
| EN casos dudosos favorecer clasificación más plástica ej.: CH-MH en vez de CL-ML | | | |
| Si WL = 50; CL-CH o ML-MH | | | |

Fuente: Universidad Tecnológica de Chile – Instituto Profesional Centro de Formación Técnica, 2016, p. 6

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

2.1.8. Propiedades de las arcillas

2.1.8.1. Plasticidad

La plasticidad es la propiedad mecánica de los materiales por la cual son capaces de sufrir deformaciones y recuperar su estado original cuando se someten a fuerzas de tensión, la deformación se vuelve irreversible cuando la tensión está por encima del denominado límite elástico.

Fenili (2004, citado en Tenesaca, 2019, p. 21) indica que: “La plasticidad es una propiedad básica de la arcilla que permite la conformación de una pasta plástica, cuando se somete a la acción de una fuerza, se deforma y conserva esta forma permanentemente después del cese de la fuerza”. Es decir, la arcilla en su estado natural es un conjunto de material granulado que al contacto con el agua forma una pasta homogénea que al secarse conserva la forma dada por el operario.

La plasticidad de la arcilla se debe a su composición fisicoquímica en la cual, las partículas coloidales y el agua se unen debido a los siguientes factores:

- Composición mineralógica
- Tamaño de las partículas y distribución de estas
- Capacidad de cambio de catión, cationes y pH
- Tensión superficial del agua (Tenesaca, 2019, p. 21).

2.1.8.2. Distribución granulométrica

Según lo indicado por Galindo (2017, párr. 1), la distribución granulométrica es una descripción estadística de los tamaños de los elementos particulados o granulados en una distribución determinada; representa porcentajes en los que se encuentran los diferentes tamaños de material que conforman una muestra.

La finalidad de la distribución granulométrica es obtener la caracterización por tamaños de las partículas presentes en una muestra de material, para esto se utilizan tamices normalizados y numerados en orden decreciente, es decir, se separan los granos desde los más grandes o gruesos hasta los más pequeños o finos medidos en milímetros.

2.1.8.3. Contracción

Es la propiedad de la arcilla por la cual disminuye la dimensión de la pasta moldeada al perder la humedad, es decir, durante el proceso de secado de la mezcla pierde cierta cantidad de agua y se reduce el tamaño de la pieza moldeada; existen dos tipos de contracciones:

- Por aire: se da después de moldear la pieza, pero anterior al proceso de secado al horno.
- Por fuego: durante el proceso de quemado (Barranzuela, 2014, p. 9).

2.1.8.4. Refractariedad

La refractariedad es la capacidad de los materiales de resistir el incremento de temperatura sin sufrir daños en su estructura; en las arcillas el grado de refractariedad tiene relación con la cantidad de alúmina y sílice en su composición química (Mamani, 2015, p. 21).

2.1.8.5. Porosidad

La porosidad es la relación existente entre el volumen de los poros y el volumen total de la pieza, depende del tamaño de grano de la muestra de arcilla, es decir, mientras mayor sea el tamaño del grano de arcilla, mayor será también la porosidad. Durante el proceso de fabricación de ladrillos, la porosidad cumple un rol fundamental, pues, las arcillas constituidas por granos pequeños podrán unirse más fácilmente y las piezas serán más compactas (Barranzuela, 2014, p. 9).

2.1.8.6. pH

El pH mide la acidez o basicidad de una solución, en función de la cantidad de iones o cationes de hidrógeno. En la industria cerámica el pH tiene estrecha relación con la plasticidad, la mayor parte de las arcillas rojas presentan una acidez alta; mientras que, los caolines tienen alta alcalinidad (Deleg, 2010 citado en Tenesaca, 2019, p. 24).

2.1.8.7. Color

El color es una característica física de las arcillas, encontrándose arcillas blancas consideradas más puras; existen también arcillas de colores grises, azules, negras, y frecuentemente, arcillas rojas o pardas, que son utilizadas en la fabricación de ladrillos (Barranzuela, 2014, p. 10).

2.1.9. Clasificación de las arcillas

2.1.9.1. Según su origen

Arcillas caolines

Denominadas arcillas residuales con alto porcentaje de caolinita, por lo tanto, son las más puras. El tamaño de grano es fino y su cocción es en blanco, se utilizan principalmente en la producción de loza, porcelana y papel (QuinNet, 2006, párr. 1).

Arcillas grasas

Arcillas con alto límite elástico, son untuosas y su cocción es en blanco. Su principal uso es la fabricación de loza (QuinNet, 2006, párr. 2).

Arcillas refractarias

La composición química de estas arcillas muestra un bajo contenido de óxido metálico y álcalis, por lo que pueden resistir altas temperaturas sin desagregarse y por qué se utilizan de forma frecuente en la fabricación de hornos, crisoles, estufas y otros (QuinNet, 2006, párr. 3).

Arcillas de alfarería

Son arcillas semirefractarias, es decir, pueden resistir hasta un determinado umbral de temperaturas. Se utiliza en alfarería y cerámica (QuinNet, 2006, párr. 4).

Arcillas para ladrillos y tejas

Es el tipo más común de arcilla, tienen una coloración rojo cobrizo y se utilizan para la fabricación de ladrillos de construcción después de un proceso de cocción (QuinNet, 2006, párr. 5).

2.1.9.2. Según su composición

Calcáreas

Estas arcillas tienen aproximadamente un 15% de carbonato de calcio en su composición química y dan a la pieza final un color amarillento.

No calcáreas

Estas arcillas se componen principalmente por silicato de alúmina, tiene entre el 2 y 10 % de óxidos de hierro y feldespato, al quemarse toman un color rojizo o salmón.

2.1.9.3. Según su capacidad de absorción de agua

Grasas

Este tipo de arcilla tienen alta plasticidad y presentan en su composición gran cantidad de minerales arcillosos y baja concentración de arenas silíceas, también se encuentran en grandes cantidades componentes coloidales y pueden absorber mucha agua. El moldeado de este tipo de arcilla es bastante fácil, sin embargo, el desmoldeo es complejo dada la gran adherencia de las partículas (Barrenzuela, 2014, p. 12).

Magras: Por el contrario, este tipo de arcillas, absorben muy poca cantidad de agua y tienen una plasticidad baja, por lo tanto, en el proceso de secado se visualiza una baja contracción y se acompaña de abundante arena (Barrenzuela, 2014, p. 12).

2.1.10. Aplicaciones de las arcillas

Las arcillas son utilizadas como materia prima, principalmente para el área de la construcción, donde se utilizan arcillas compuestas por dos o más minerales (illita y esmectita) con presencia de otros minerales no filosilicatos (carbonatos y cuarzos). Por otro lado, existen las arcillas especiales que se constituyen fundamentalmente por un solo tipo de mineral y se utilizan en la producción de papel, caucho, pinturas, absorbentes decolorantes, arenas de moldeo, productos químicos y farmacéuticos, agroquímicos, etc.

2.1.10.1. Según sus aplicaciones industriales

Arcillas comunes

Las arcillas comunes, denominadas así por la gran cantidad de material que se encuentra sobre la superficie terrestre, se utilizan principalmente en el área de la construcción. Según las características mineralógicas, prácticamente todas las arcillas son aptas para este uso en función de los recursos económicos necesarios para el proceso de producción. Se utilizan también en la manufactura de cementos como fuente de alúmina y sílice.



Ilustración 5-2: Arcilla común

Fuente: Diccionario de geotécnica, 2022.

Caolín

El caolín es un mineral arcilloso de color blanquecino que en el siglo XVI tomó gran vigencia debido a que la nobleza utilizaba esta materia prima para la producción de artículos con pastas cerámicas ricas en caolín, estos artículos se denominaron porcelana (Niño, 2013, p. 20). Actualmente el caolín se utiliza para producir:

- Porcelana
- Refractarios
- Papel
- Agroquímicos (pesticidas)

- Farmacéutica
- Cosmetología



Ilustración 6-2: Arcilla de tipo caolín

Fuente: Shutterstock, 2022.

Bentonita

La bentonita o bentonita de sodio son un tipo de arcilla coloidal con alto contenido de esmectitas (principalmente montmorillonita). La montmorillonita es un silicato de aluminio coloidal hidratado (Cerdán, 2022, párr. 1). Sus principales usos son:

- Arenas de moldeo
- Lodos de perforación
- Paletización
- Absorbentes
- Material de sellado
- Creación de membranas impermeables
- Soporte de excavaciones
- Protección de tuberías
- Cemento
- Lubricante
- Catálisis
- Alimentación animal



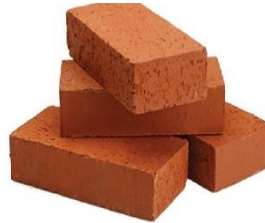
Ilustración 7-2: Arcilla bentonita

Fuente: Geologiaweb, 2022.

2.1.10.2. Según su empleo en la construcción

Ladrillos

Estas piezas son hechas de arcilla cocida y utilizados principalmente para construcción y revestimientos decorativos, son resistentes a la humedad y el calor y, su precio es relativamente bajo en relación con otros productos de arcilla (Zea, 2005, p. 29).



metalhierro

Ilustración 8-2: Ladrillos

Fuente: Metalhierro, 2022, p. 1.

Refractarios

Son productos cuya característica principal es la capacidad de soportar altas temperaturas (superiores a 1 500 °C) conservando su forma original. Las arcillas refractarias se clasifican en:

- Arcillas refractarias plásticas.
- Arcillas refractarias semipedernal: adquieren plasticidad después de ser tratadas.
- Arcillas refractarias de pedernal: arcillas duras, se rompen con fractura concooidal.
- Arcillas refractarias de pedernal modulares (Zea, 2005, p. 29).
-



Ilustración 9-2: Refractarios de arcilla

Fuente: Deposifotos, 2022.

Porcelana

La porcelana es un compuesto de caolín al 50% y cuarzo al 20%, los materiales restantes son otros minerales; el proceso de fabricación pasa por dos cocciones, la primera a una temperatura entre 1 100 y 1 200 °C, después del esmaltado se realiza una segunda cocción con una temperatura de hasta los 1 500 °C.

Sus aplicaciones más comunes son la porcelana vitrificada, semiporcelana o loza, destinadas a la fabricación de piezas sanitarias, la coloración de esta arcilla es blanquecina, bastante porosa y absorbente y con superficies esmaltadas de mayor impermeabilidad y dureza (Zea, 2005, p. 30).



Ilustración 10-2: Porcelanas siglo XVI

Fuente: Paz Aleixandre, 2022.

Azulejos

Son piezas utilizadas principalmente en el revestimiento de pisos y paredes, son de poco espesor y están recubiertas por una capa de esmalte que le otorga impermeabilidad y resistencia al desgaste. La parte estructural o base del azulejo se denomina galleta y se forma por arcillas plásticas, ricas en cuarzo y hierro (Zea, 2005, p. 30).



Ilustración 11-2: Azulejo de arcilla

Fuente: Alamy, 2022.

2.2. Ladrillos

Según lo indican Porto y Gardey (2011, párr. 1), el ladrillo es un elemento de construcción civil hecho con una pasta de barro cocido, tiene forma de rectángulo extruido y su tamaño permite la manipulación de estos con una sola mano. Se utiliza generalmente en el levantamiento de paredes.

2.2.1. *Proceso artesanal de fabricación de ladrillos*

La fabricación de ladrillos y su calidad depende directamente de las características de la arcilla. Las empresas de fabricación de ladrillos de arcilla existentes en el Ecuador, tienen un proceso de fabricación de tipo artesanal, es decir, los métodos de procesamiento y fabricación son empíricos en función de la experiencia de los artesanos.

2.2.1.1. *Extracción*

La primera fase de la producción de ladrillos consiste en la extracción de la materia prima, arcilla, desde las canteras a través de herramientas manuales o maquinaria mecánica; puesto que, los depósitos de arcilla se encuentran generalmente en el pie de las colinas o tierras cercanas a los ríos (Zea, 2005, p. 50).



Ilustración 12-2: Extracción de arcilla roja

Fuente: Alamy, 2022.

2.2.1.2. *Depuración de la mezcla*

La depuración de la arcilla o maduración, consiste en una serie de tratamientos como trituración, homogeneización y reposo al aire libre, a fin de que la mezcla de productos arcillosos alcance una consistencia adecuada y uniformidad en las características físicas y químicas. Este proceso se realiza principalmente cuando la arcilla se obtiene en temporadas lluviosas y el contenido de agua

es alto, además, el reposo al aire libre permite la desintegración de los cúmulos de arcilla o terrones; y, también la descomposición de materia orgánica.



Ilustración 13-2: Maduración o reposo de la arcilla

Fuente: Zea, 2005, p. 51.

2.2.1.3. Amasado

El amasado de la pasta se realiza sobre una superficie plana al aire libre, se coloca arcilla y arena limosa y se utilizan herramientas manuales como azadones y palas para formar la masa; este proceso puede tomar varias horas.



Ilustración 14-2: Amasado de la arcilla

Fuente: Afonso, 2015, p. 1

2.2.1.4. Moldeado

El moldeado consiste en darle forma a la pasta de arcilla, en la producción artesanal se vierte la mezcla en gavetas o moldes y posteriormente ejerciendo fuerza de compresión para la compactación de las partículas.



Ilustración 15-2: Moldeado de los ladrillos

Fuente: Nómadas TV, 2013.

2.2.1.5. *Secado*

El secado consiste en la pérdida de agua de la pasta, este proceso inicia con el pre-secado en el mismo lugar de moldeado, a fin de que las piezas pierdan humedad y sean manipulables. El secado se realiza en dos etapas:

- En la primera etapa el secado es rápido y constante, puesto que, la humedad de la arcilla se evapora en el aire y el agua del interior asciende por acción capilar. En esta etapa existe alta compactación de la pasta.
- La segunda etapa tiene granos cerámicos ya compactados, por lo que, no existe una gran diferencia en la contracción de la pieza.

2.2.1.6. *Cocción*

La cocción es el proceso final en la fabricación de ladrillos, las piezas moldeadas son sometidas a temperaturas de entre los 900 y 1200 grados Celsius por un tiempo prolongado en hornos cerrados que utilizan la leña y aserrín como material de combustión. La cocción de la arcilla le otorga a los ladrillos sus características físicas y químicas como color, dureza y resistencia. El ladrillo después de la cocción no se disuelve en agua, perdiendo la plasticidad propia de la arcilla en su estado natural (Zea, 2005, p. 53).



Ilustración 16-2: Cocción de los ladrillos de arcilla

Fuente: Scientific Diagram, 2022.

2.2.2. Proceso industrial de fabricación de ladrillos

2.2.2.1. Extracción

La arcilla se recolecta de las canteras mediante maquinaria mecánica y es transportada en vehículo de carga hasta la planta procesadora. Posteriormente se transporta con herramientas manuales o tolvas desde el almacenamiento hasta el siguiente proceso.

2.2.2.2. Preparación del material

Para mejorar las características físicas y químicas de la arcilla roja, se utilizan como aditivos arcilla con alto contenido de silicio, arcilla plástica y arcilla muy fina. Después de preparar la mezcla en seco se lleva la misma a una tolva que es movida en una banda transportadora hasta un molino, en donde se deposita la mezcla para su desintegración. Posteriormente, la mezcla se transporta hasta la empastadora en donde se agrega el agua y luego pasa por un silo que regula el flujo.

2.2.2.3. Moldeado

La mezcla homogénea obtenida en el proceso anterior se introduce en una cámara de vacío para extraer el aire entre partículas, perdiendo un 20% de humedad. Dentro de la cámara de vacío se encuentran los moldes con las formas rectangulares características de los ladrillos que conocemos.

2.2.2.4. Secado

Al igual que en el proceso de fabricación artesanal, el objetivo del secado en la fabricación industrializada de ladrillos es eliminar el exceso de humedad de las piezas antes de introducirlas a los hornos de cocción. Para esto, las piezas son retiradas de los moldes y transportadas a un lugar cubierto.

2.2.2.5. Cocción

El proceso de cocción tiene tres etapas, la primera o precalentamiento elimina de forma paulatina el exceso de agua que aún haya impregnada en las piezas de arcilla por la acción del aire y dura mientras se alcanza los 100 °C; la segunda que es la etapa de cocción propiamente dicha se considera hasta que las piezas alcanzan la temperatura más alta comprendida entre los 900 y

1 200 °C; y, finalmente la etapa de enfriamiento descende la temperatura de la cocción hasta la temperatura ambiente y debe realizarse en forma controlada.

El proceso esquematizado de la cocción de los ladrillos es el siguiente:

- De 0 °C a 400 °C: se eliminan los residuos de humedad por dilatación de la pasta.
- De 400 °C a 600 °C: se elimina el agua combinada, se descomponen en óxidos y se compacta la pasta aumentando la porosidad.
- De 600 °C a 900 °C: se forma un meta caolín inestable.
- De 900 °C a 1 000 °C: se forman silicatos por reacción de los óxidos.
- Más de 1 000 °C: los silicatos sufren una transformación molecular cristalizándose en agujas (Mamani, 2015, p. 37).

2.2.3. Propiedades de los ladrillos

Las propiedades de los ladrillos para la construcción radican en la resistencia a las fuerzas de compresión, la homogeneidad de tamaño y una apariencia agradable a la vista.

- *Textura:* La textura del ladrillo será fina, densa y uniforme. No deberán existir fisuras, cavidades, arena suelta o cal sin quemar.
- *Solidez:* La prueba de solidez se realiza con un martillo o con otra pieza similar que ejerza fuerza directa, y deberá producirse un sonido metálico.
- *Dureza:* Al ejercer fuerza con los dedos o manos, la pieza de construcción no debe sufrir ningún tipo de deformación.
- *Resistencia:* La resistencia al esfuerzo de compresión debe ser superior a 3.5 N/mm², la prueba de campo empírica para medir la resistencia consiste en dejar caer un ladrillo desde una altura de 90 a 100 centímetros sobre un suelo duro y al caer este no debe romperse.
- *Absorción de agua:* Al sumergir un ladrillo en agua por 24 horas, este debe absorber agua en un porcentaje menor al 20% de su peso.
- *Esfuerzo de rotura:* Superior a 10 N/mm²
- *Eflorescencia:* Al sumergir los ladrillos en agua estos no deben mostrar manchas blanquecinas, en caso de que esto suceda se debe a la presencia de sulfato de calcio, magnesio y potasio.
- *Conductividad térmica:* La conductividad térmica es baja, a fin de que las edificaciones sean frescas en verano y cálidas en invierno.
- *Aislamiento acústico:* Los ladrillos deben tener la capacidad de aislar el sonido del exterior.
- *Resistencia al fuego:* Los ladrillos deben resistir altas temperaturas.

2.2.4. Tipos de ladrillos

2.2.4.1. Ladrillo cocido de arcilla

Es el ladrillo más utilizado en la construcción civil, tiene forma de paralelepípedo y su fabricación es totalmente artesanal. Es macizo y sus caras tienen terminaciones rústicas. Su resistencia no es elevada por lo que es ideal para el levantamiento de paredes en casas y edificios. Para su fabricación se utiliza adobe secado al sol, lo que mejora la resistencia térmica. Este tipo de ladrillos se usa dentro de una estructura formada por columnas de hormigón armado.

2.2.4.2. Ladrillo perforado

Este tipo de ladrillo presenta perforaciones verticales en un mínimo de 10% de la superficie. El objetivo de las perforaciones es incrementar la resistencia del ladrillo, pues este se coloca en forma de tabique para que la mezcla de hormigón se introduzca en los agujeros y se incrementa la fuerza (Estratos Homes, 2022, párr. 2).

2.2.4.3. Ladrillo perforado al canto

A diferencia del ladrillo perforado, este tipo de ladrillo presenta perforaciones horizontales y la orientación de las perforaciones tiene como fin reducir el peso de la pieza sin reducir resistencia. Se utiliza principalmente en la construcción de muros y tabiques que no necesiten soportar grandes fuerzas aplicadas (Estratos Homes, 2022, párr. 3).

2.2.4.4. Ladrillo visto

Este es otro tipo de ladrillo macizo, es decir, sin ningún tipo de perforación por lo que tienen alta resistencia al agua y bajas temperaturas. Su característica es el acabado estético, en comparación con el ladrillo cocido de arcilla, el ladrillo visto tiene sus caras más lisas (MN del Golfo, 2022, párr. 3). Otra característica de este tipo de ladrillos es que no requiere de mantenimiento, por lo que, se ha convertido en una de las mejores opciones para las construcciones.

2.2.4.5. Ladrillo refractario




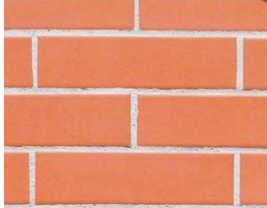


La textura del ladrillo refractario es lisa homogénea, son fabricados con los mismos materiales que otros tipos de ladrillo pero en proporciones diferentes. Su resistencia al calor permite su uso

ideal en áreas donde habitualmente se produce fuego y altas temperaturas como hornos, chimeneas y calderas.

2.2.4.6. Ladrillo decorativo

El ladrillo decorativo es parecido al ladrillo visto, pues su utilidad es revestir una superficie y también tienen características de alta resistencia al agua y bajas temperaturas. Se utiliza principalmente en exteriores como patios, terrazas, jardines e incluso en lugares públicos como parques, plazoletas y otros (Estratos Homes, 2022, párr. 6).

Tabla 7-2: Tipos de ladrillos

| | |
|-----------------------------|--|
| Ladrillo cocido de arcilla |  |
| Ladrillo perforado |  |
| Ladrillo perforado al canto |  |
| Ladrillo visto |  |
| Ladrillo refractario |  |
| Ladrillo decorativo |  |

Fuente: Estratos Homes, 2022.

2.3. Marco Legal

2.3.1. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 293:1977

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 293:1977, denominada “Ladrillos cerámicos, definiciones, clasificación y condiciones generales”, establece los tipos de ladrillos fabricados con arcilla moldeada y cocida.

2.3.1.1. Materia prima

La materia prima para la fabricación de ladrillos debe ser arcilla o tierra arcillosa con suficiente plasticidad para que adopten la forma del molde y durante el secado no se presenten grietas, fisuras, nódulos o deformaciones.

2.3.1.2. Fabricación

Los ladrillos se fabrican por el procedimiento de cocción al rojo, a una temperatura mínima de 800° C. Una vez cocidos, deben tener una masa homogénea de resistencia uniforme. Deben tener un color rojizo y, cuando se golpean con un material duro, deben emitir un sonido metálico

2.3.1.3. Dimensiones y tolerancias

La Tabla 5-2, muestra las dimensiones y tolerancias en centímetros de los distintos tipos de ladrillos.

Tabla 8-2: Tolerancias y resistencias de los ladrillos

| Tipo de ladrillo | Largo (L) | Ancho (a) | Alto (h) |
|------------------|-----------|-----------|----------|
| Común de máquina | 39 | 19 | 9 |
| | 39 | 19 | 9 |
| | 29 | 14 | 9 |
| Reprensado | 29 | 19 | 9 |
| | 29 | 14 | 9 |
| | 29 | 19 | 19 |
| Hueco | 29 | 19 | 14 |
| | 29 | 19 | 9 |

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1977, p. 2

2.3.2. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 297:1977

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 297:1977, “Ladrillos cerámicos: requisitos” comprende las características y valores de resistencia a la presión de los diferentes tipos de ladrillos utilizados en la construcción.

2.3.2.1. Clasificación

Los ladrillos cerámicos en función de lo establecido en esta norma se clasifican en ladrillos macizos y ladrillos huecos. Los ladrillos macizos a su vez se dividen en ladrillos de tres tipos: A, B y C. Los ladrillos huecos también se dividen en tres tipos: D, E y F.

2.3.2.2. Requisitos

Los requisitos establecidos por esta norma para los ladrillos macizos con:

- El ladrillo cerámico de tipo A, es un ladrillo de color rojizo uniforme y con forma lo más perfecta posible a un rectángulo extruido. Su estructura no deberá presentar anchas, quemaduras ni en caras o aristas, puede tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas de hasta 5 mm.
- El ladrillo del tipo B, es un ladrillo de máquina, de color rojizo con ángulos rectos y aristas también rectas. A diferencia del ladrillo de tipo A, el de tipo B no permite imperfecciones en caras exteriores o variaciones de rectitud.
- El ladrillo de tipo eflorescencias, C, puede ser fabricado tanto en máquina como a mano y permite imperfecciones en las caras exteriores y también variaciones de rectitud en sus aristas de hasta 8 mm.

Por otro lado, para los ladrillos huecos los requisitos son:

- El ladrillo de tipo D se utilizará en la construcción de muros soportantes, paredes de división de espacios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón.
- El ladrillo de tipo E, limita sus usos a la construcción de paredes divisorias no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.
- El tipo de ladrillo F se emplea únicamente en el relleno de losas alivianadas de hormigón armado.

2.3.2.3. Requisitos de resistencia mecánica

Tabla 9-2: Requisitos de resistencia mecánica de ladrillos cerámicos

| Tipo de ladrillo | | Resistencia mínima a la compresión Mpa* (ver nota 1) | | Resistencia mínima a la flexión Mpa* (ver nota 1) | Absorción máxima de humedad (%) |
|------------------|--------|--|------------|---|---------------------------------|
| | | Promedio de 5 unidades | Individual | Promedio de 5 unidades | Promedio de 5 unidades |
| Macizo | Tipo A | 25 | 20 | 4 | 16 |
| | Tipo B | 16 | 14 | 3 | 18 |
| | Tipo C | 8 | 6 | 2 | 25 |
| Hueco | Tipo D | 6 | 5 | 4 | 16 |
| | Tipo E | 4 | 4 | 3 | 18 |
| | Tipo F | 3 | 3 | 2 | 25 |
| Método de ensayo | | INEN 294 | | INEN 295 | INEN 296 |

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 297:1977

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. *Investigación aplicada*

Dada la utilidad de la investigación esta es de tipo aplicada, en la cual, se busca resolver una problemática en un espacio real mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería en Minas. Además, los resultados de esta investigación pueden permitir la ampliación de la industria ladrillera en el sector y por lo tanto representa un aporte para el desarrollo económico de la ciudad y la provincia.

3.1.2. *Investigación documental*

La investigación documental se aplicó en la elaboración del marco teórico, en donde se recopiló información de fuentes como libros, tesis, trabajos de titulación, artículos científicos y otros tanto físicos como digitales, sobre los conceptos, definiciones y caracterizaciones de las arcillas, así como, la descripción del proceso de fabricación de ladrillos. Por otro lado, se revisaron las normativas legales nacionales de los organismos de control en materia de calidad de los ladrillos de arcilla cocida.

3.1.3. *Investigación experimental*

El presente estudio utilizó la investigación experimental en la fabricación de ladrillos utilizando la arcilla proveniente del sector Timbiana mediante una producción artesanal a fin de determinar la calidad del ladrillo en relación con la normativa legal vigente NTE INEN 297:1977.

3.1.4. *Investigación de campo*

La investigación de campo se aplicó en la identificación del lugar de estudio, en donde se tomaron las muestras de arcilla roja que posteriormente fueron analizadas a través de pruebas físicas y mecánicas que permitieron su caracterización.

3.2. Método de investigación

3.2.1. Método inductivo

La investigación utilizó el método inductivo, puesto que, partió de la descripción y caracterización de las arcillas en función de sus propiedades físicas y mecánicas para determinar la aptitud de estas para su uso en la fabricación de ladrillos de construcción civil.

3.3. Enfoque de la investigación

El presente proyecto tiene un enfoque mixto, es decir, se aplicó el enfoque cualitativo en la observación y descripción del área de estudio; mientras que, el enfoque cuantitativo se aplicó en la medición de los valores numéricos de las diferentes propiedades físicas y mecánicas de la arcilla para la caracterización de estas en función de su aptitud para el uso en la fabricación de ladrillos.

3.4. Muestra

3.4.1. Muestreo aleatorio sistemático

El muestreo aleatorio tiene como característica que todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser elegidos parte de la muestra, sin embargo, el muestreo aleatorio sistemático inicia con la selección aleatorio de un elemento inicial y posteriormente se eligen los demás elementos en función de un intervalo determinado hasta completar la muestra requerida (Busillo & López, 1997 citado en Wisum, 2018, p. 58).

Para establecer la muestra mediante un método aleatorio sistemático, se toma cada k-ésimo elemento de la población después de ordenar todas las unidades de la población; la letra (k) es la razón o intervalo de muestreo (Porras, 2015, p. 2).

3.5. Equipos y materiales

A lo largo de la investigación se utilizaron un conjunto de equipos manuales, mecánicos y electrónicos desde la recolección de las muestras hasta las pruebas de laboratorio; y también materiales específicos para precautelar las muestras tomadas y la elaboración de los ladrillos muestra.

Tabla 1-3: Equipos y materiales

| Etapa de la investigación | Equipos | Materiales |
|--|-------------------------------------|-------------------------------|
| Recolección de muestras | Pala | Fundas plásticas |
| | Pico | Recipiente para el transporte |
| | Sistema de georreferenciación (GPS) | |
| | Balanza | |
| Ensayo de humedad | Pesa electrónica | Bandeja |
| | Horno (110 °C) | |
| Ensayo de límite líquido y límite plástico | Crisol de porcelana | Bandeja para disgregar |
| | Pesa electrónica | Espátula |
| | Horno (110 °C) | Recipiente metálico |
| | Copa de Casagrande | Placa de vidrio |
| | | Tamiz |
| Ensayo de absorción | Cono de martillo | Bandeja metálica |
| | Balanza electrónica | |
| | Termómetro | |
| | Probeta de 500 ml | |
| Granulometría | Horno (110 °C) | Bandeja metálica |
| | Tamices | Cepillo de acero |
| | | Brocha |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.



Ilustración 1-3: Equipos y Materiales

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.6. Desarrollo del trabajo en campo

3.6.1. Ubicación del área de estudio

El sector Timbiana es una población perteneciente a la parroquia Rural Río Blanco del cantón Morona en la provincia de Morona Santiago. El área de estudio comprende una extensión territorial de aproximadamente 3 189. 50 metros cuadrados dentro de las siguientes coordenadas:

Tabla 2-3: Información de la zona de estudio

| | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------|---------|
| Provincia | Morona Santiago | | |
| Cantón | Morona | | |
| Altura | Mínima: 800 msnm Máxima: 4600 msnm | | |
| Superficie | 46 373, 11 hectáreas | | |
| Parroquia | Río Blanco | | |
| Sector | Timbiana | | |
| Coordenadas de la zona de estudio | PP | 816088 | 9737814 |
| | 1 | 815945 | 9737889 |
| | 2 | 816030 | 9737700 |
| | 3 | 815879 | 9737779 |

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Río Blanco, 2015, p. 13.

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.



Ilustración 2-3: Ubicación de la parroquia Río Blanco

Fuente: Cueva, 2010, p. 1.

MAPA DE UBICACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO

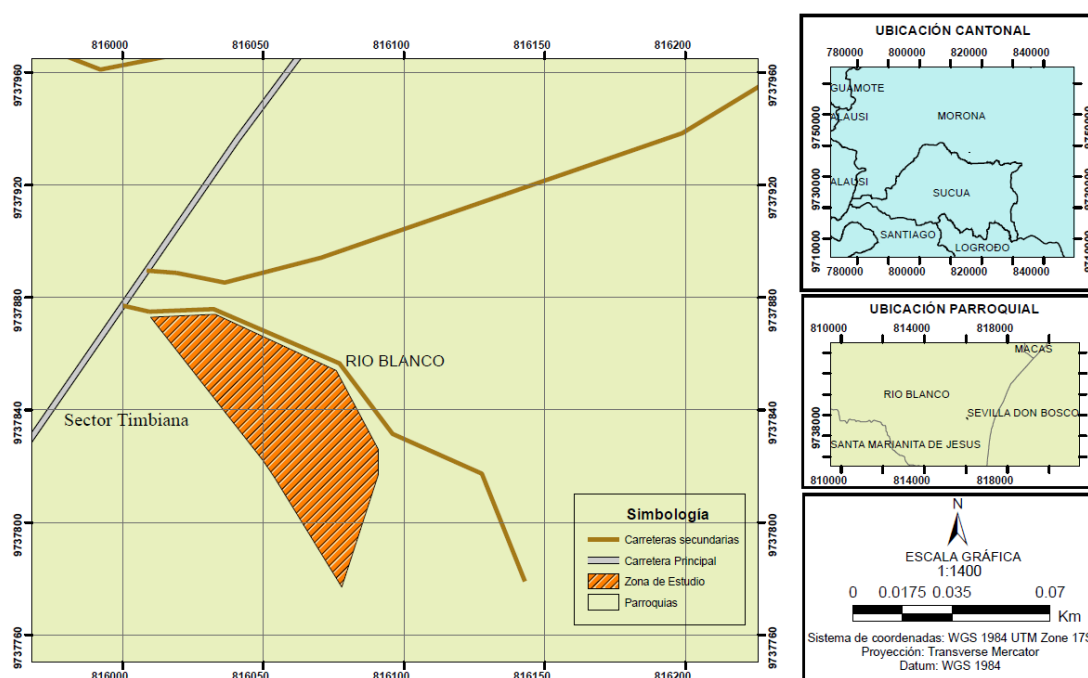


Ilustración 3-3: Ubicación del área de estudio

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.6.1.1. Acceso

El acceso a la zona de estudio puede realizarse mediante vía terrestre. Desde la cabecera cantonal del cantón Morona existe una distancia de 7,7 kilómetros hasta la parroquia Río Blanco.

De acuerdo con lo indicado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Río Blanco sobre la infraestructura vial, refiere lo siguiente:

La Parroquia Río Blanco cuenta con una red vial de primer orden, la misma que atraviesa toda la parroquia es la vía Sucúa – Macas, mantiene vías de tercer orden entre sus comunidades. El transporte hacia la parroquia es óptimo, cuenta con transporte urbano, inter cantonal e interprovincial, el transporte hacia sus comunidades es deficiente porque no cuenta con transporte (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Río Blanco, 2015, p. 105).

3.6.2. Selección de puntos de muestreo

Para la ubicación geoespacial de cada uno de los puntos de muestreo se utilizó el sistema de georreferenciación WGS84. El área de muestreo tiene una extensión total de 3 189. 50 metros cuadrados, por lo tanto, se utilizó la longitud total del terreno y se dividió en ocho partes en donde se tomaron las muestras de suelo, estos ocho puntos de muestreo se ubican en las siguientes coordenadas geoespaciales.

Tabla 3-3: Coordenadas de los puntos de muestreo

| Punto de muestro | Coordenada (x) | Coordenada (y) |
|------------------|----------------|----------------|
| PM1 | 816091 | 9737817 |
| PM2 | 816091 | 9737826 |
| PM3 | 816076 | 9737854 |
| PM4 | 816033 | 9737874 |
| PM5 | 816010 | 9737873 |
| PM6 | 816064 | 9737825 |
| PM7 | 816050 | 9737822 |
| PM8 | 816078 | 9737777 |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

La ilustración 4-3, muestra en el mapa la ubicación de los diferentes puntos de muestreo.

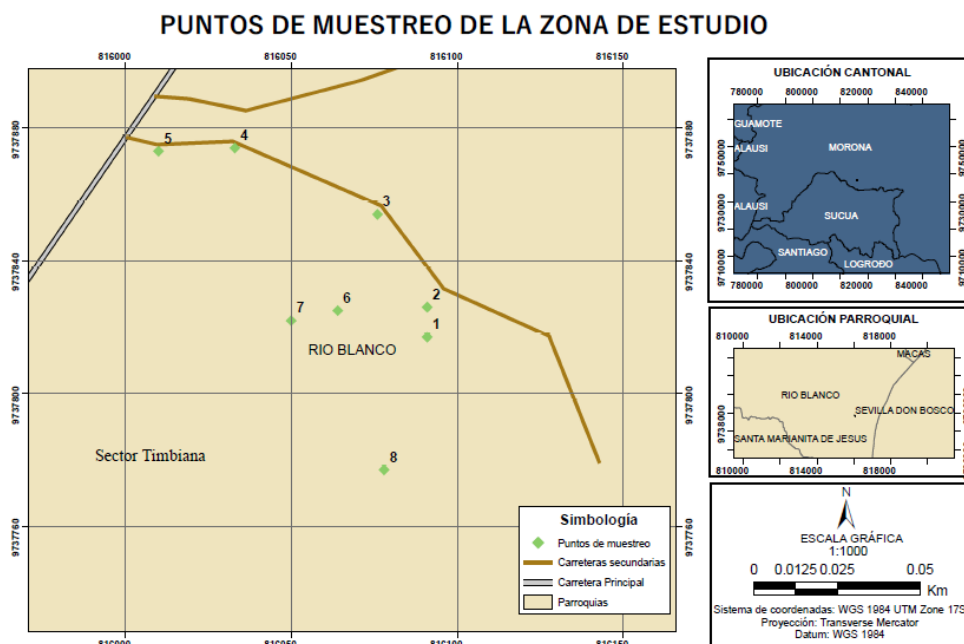


Ilustración 4-3: Puntos de muestreo de recolección de muestras

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.6.3. *Recolección de muestras*

La recolección de muestras inició con la identificación del punto de muestreo y posteriormente con la ayuda de la pala se realizó un corte en V con una profundidad de aproximadamente cincuenta centímetros desde la superficie. Luego con se tomó la muestra de arcilla y se colocó dentro una funda limpia y seca, y se utilizó una balanza para que todas las muestras tengan el mismo peso correspondiente a tres kilogramos. Finalmente, se selló y etiquetó cada una de las muestras.

3.6.3.1. *Estratificación del afloramiento de arcilla*

Se entiende por afloramiento el área de terreno donde las rocas del sustrato o componente geológico aparecen expuestas y visibles sobre la superficie de la corteza terrestre.

El primer horizonte se identifica como horizonte “A” y es la capa superior del suelo y es la más oscura, este horizonte concentra la mayor cantidad de materia orgánica. Bajo esta capa se encuentra el horizonte “B” o también llamado subsuelo, aquí se acumulan los minerales solubles y las arcillas con una tonalidad café, más clara que la capa superior del suelo, esto debido a que existe menos presencia de material orgánico. La presencia de hierro y arcilla facilita la capacidad de retención de agua en esta capa (FlexBooks, 2021, párr. 3-5). La ilustración 5-3, muestra los horizontes A y B de la zona de afloramiento de arcilla en el sector de Timbiana.



Ilustración 5-3: Estratigráfico del afloramiento de la arcilla en Timbiana,
Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.6.4. *Etiquetado de muestras*

La etiqueta de cada muestra permitió al investigador identificar con mayor facilidad las características de la arcilla en cada uno de los puntos de muestreo como se muestra en la

ilustración 6-3, y, por lo tanto, posterior a los análisis de laboratorio ubicar la zona de afloramiento de arcilla que cumple con las especificaciones para su uso en la fabricación de ladrillos para construcciones civiles.



Ilustración 6-3: Recolección y etiquetado de muestras

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Tabla 4-3: Etiqueta de muestras de arcilla

| Etiqueta de la muestra | |
|-----------------------------------|---|
| Nombre de la Institución | Escuela Superior Politécnica de Chimborazo |
| Ubicación del proyecto | Timbiana, Parroquia Rio Blanco, Cantón Morona |
| Nombre del proyecto | Trabajo de Integración Curricular |
| Técnica de muestreo | Aleatorio sistemático |
| Responsable | Gustavo Marín |
| Punto de muestreo | Coordenadas UTM WGS 84 |
| Profundidad de la toma de muestra | 0 – 0.5 m |
| Código de la muestra | PM1020222611 |
| Fecha | 26/11/2022 |
| Hora | 09:30 Am |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.6.5. Almacenamiento y transporte de muestras

Las muestras contenidas en bolsas plásticas herméticamente selladas y etiquetadas según su procedencia, fueron almacenadas en un recipiente plástico para su traslado hasta el laboratorio de pruebas físicas y mecánicas del GAD Provincial de Morona Santiago.

3.7. Pruebas físicas y mecánicas

3.7.1. Humedad

Este ensayo determina de forma cuantitativa la cantidad de humedad presente en la muestra de arcilla en su estado natural. El ensayo se efectuó de la siguiente forma:

- Obtener parte de la muestra contenida en la bolsa plástica.
- Desagregar la muestra de arcilla.
- Pesar dos muestras de arcilla en estado natural y colocarlas en recipientes metálicos.
- Colocar las muestras pesadas en el horno a 110 °C durante 34 horas.
- Pesar las muestras al salir del horno (Ilustración 7-3).
- Obtener el porcentaje de humedad en función de la siguiente ecuación

$$\%H = \frac{P_h - P_s}{P_s - P_t} * 100 \text{ (Ec. 1-3)}$$



Ilustración 7-3: Cálculo de la humedad de la arcilla

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.7.2. Límite líquido

El límite líquido tuvo como objetivo determinar de manera cualitativa y cuantitativa la capacidad de absorción del suelo arcilloso en estudio.

- Obtener la muestra de la bolsa plástica y disgregarla en una bandeja metálica.
- Pesar 100 gramos de arcilla pasante por el tamiz N° 40.
- A la muestra pesada agregarle de 15 a 20 mililitros de agua destilada o desmineralizada.
- Mezclar hasta alcanzar una masa homogénea.
- Colocar la masa en una funda herméticamente sellada y conservarla por 24 horas.
- Calibrar el equipo, copa de Casagrande.
- Colocar la pasta homogeneizada en el equipo y dividir la muestra en dos partes.
- Encerar el equipo y girar la manivela contando el número de vueltas hasta que la línea divisoria se una.
- Tomar la muestra en el lugar donde se unió el corte.
- Determinación cualitativa: con la porción de pasta se formó una tira delgada y larga con apariencia de cordón de 3 mm de diámetro y se observó la presencia o no de fisuras que es el indicador de la plasticidad.
- Determinación cuantitativa:

$$L_l = \frac{P_h - P_s}{P_s - P_t} * 100 \quad (\text{Ec. 2-3})$$

Donde:

Ph: peso húmedo de la muestra

Ps: peso seco de la muestra

Pt: peso de la tarra o recipiente

La ilustración 8-3, muestra el desarrollo del ensayo de límite líquido por el método Casagrande.



Ilustración 8-3: Cálculo del límite líquido de la arcilla

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.7.3. Límite plástico

El cálculo del límite e índice de plasticidad se desarrolló posterior al ensayo de límite líquido, pues a partir de las muestras obtenidas en el primer ensayo se aplicó la siguiente ecuación:

$$L_p = \frac{P_h - P_s}{P_s - P_t} * 100 \quad (\text{Ec. 3-3})$$

Donde:

Ph: peso húmedo de la muestra

Ps: peso seco de la muestra

Pt: peso de la tarra o recipiente

- Para el índice de plasticidad se debe realizar una resta de los resultados mediante la siguiente fórmula.

$$I_p = L_l - L_p \quad (\text{Ec. 4-3})$$

Donde:

L_l : Límite líquido

L_p : Límite Plástico

La ilustración 9-3, muestra el desarrollo del ensayo de límite plástico de la arcilla.



Ilustración 9-3: Cálculo del límite plástico de la arcilla

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.7.4. Absorción

El ensayo de absorción determina de forma cuantitativa la capacidad de absorción de un suelo, en este caso, arcilloso, para llegar a saturarse de manera homogénea hasta un estado plástico por la incorporación de agua.

- Obtener una muestra de la bolsa plástica y disgregarla en la bandeja.
- Pesar 1 200 gramos de arcilla y colocar abundante agua, dejar saturar por 24 horas.
- El excedente de agua sobre la muestra se retira y se seca al sol hasta dispersar la humedad.
- Una vez seca, la muestra se colocan aproximadamente dos puñados y medio en el cono de acero y se deja caer el martillo 10 veces; después, se coloca otra cantidad similar y se deja caer el martillo 8 veces; y, finalmente se coloca la muestra hasta llenar el cono y se deja caer el martillo 7 veces.
- Retirar el cono y la porción de arcilla estará lista para el ensayo.
- Pesar 500 gramos de muestra y colocar en el horno a 110 °C durante 24 horas
- Pesar 500 gramos de muestra y colocar en la probeta.
- Agregar agua en la probeta y agitar hasta eliminar el aire.
- Pesar la muestra y calcular los resultados (Ilustración 10-3).

$$\%Absorción = \frac{A-B}{B} * 100 \quad (\text{Ec. 5-3})$$

Donde:

A: peso en el aire de la muestra al horno

B: volumen de la probeta



Ilustración 10-3: Cálculo de la capacidad de absorción de la arcilla

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.7.5. Granulometría

El ensayo de granulometría es la identificación de los tamaños de partículas presentes en la muestra del suelo y se realiza según el siguiente procedimiento:

- Obtener una muestra de suelo de la bolsa plástica.
- Pesar 500 gramos de muestra.
- Pasar la muestra por el tamiz N° 200 separando el material más fino.
- El material retenido en el tamiz se seca en el horno a 110 °C por 24 horas.
- La muestra seca se pasará por los siguientes tamices: ½, 3/8, 4, 10, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 y 200.
- Una vez tamizado el material se ubica de forma ordenada desde el mayor hasta el menos diámetro de partícula.
- Pesar cada una de las cantidades retenidas en los tamices y calcular el porcentaje.
- El proceso del cálculo de la granulometría de la arcilla se muestra en la ilustración 11-3.

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso acumulado en cada tamiz}}{\text{Peso total}} * 100 \quad (\text{Ec. 6-3})$$



Ilustración 11-3: Cálculo de la granulometría de la arcilla

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.8. Fabricación de ladrillos tipo

La fabricación de los ladrillos artesanales con la arcilla recolectada en el sector Timbiana se realizó en la Ladrillera FALCO ubicada en a la ciudad de Cuenca, dada la facilidad de acceso a la industria y la factibilidad de uso de las herramientas, equipos y maquinaria requerida para este proceso.

3.8.1. *Recolección de materia prima*

La elección de la materia prima para la fabricación de ladrillos de construcción se centró en la propiedad física de plasticidad de la arcilla, determinada mediante ensayos de laboratorio.

3.8.2. *Preparación de materia prima*

La preparación de la materia prima se realizó con el fin de que esta sea óptima para la elaboración de ladrillos a través de cuatro procedimientos:

- *Depuración:* para eliminar las partículas de tamaño grueso e impurezas de la arcilla como nódulos de calcita y materia orgánica.
- *División:* desagregar de la masa arcillosa en pequeños fragmentos y polvo para obtener una pasta heterogénea.
- *Homogeneidad:* Mezclar los componentes y amasarlos hasta formar una pasta uniforme.
- *Grado de humedad:* En función de la plasticidad necesaria para la trabajabilidad en el moldeado y amasado.

3.8.3. *Dosificación y mezclado*

Para la dosificación correcta de materias primas, se seleccionaron las muestras PM01, PM02 y PM03, considerando los elementos químicos por los que están compuestas y el límite de plasticidad de cada una; la materia prima utilizada fue la que pasó a través del tamiz No. 40.

La adición de agua para la pasta se realizó en función de lo indicado por la Norma AASHTO T87, que menciona que, la plasticidad adecuada de las arcillas se alcanza al agregar de 15 a 20 mililitros de agua por cada 100 gramos de materia prima y en función del porcentaje de absorción de cada una de las muestras de arcilla. Para considerar el porcentaje de humedad que mantiene cada pasta, se hizo un muestreo de cada una ellas y se analizaron en el laboratorio del GAD Provincial de Morona Santiago, con el fin de determinar el agua presente en cada pasta.

Tabla 5-3: Porcentaje de absorción de las muestras de arcilla y sílice

| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO | | | | | | | | | |
|---|---|--------|---------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------|--------|------|------|
| EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO | | | | | | | | | |
| SECTOR | TIMBIANA | | | | AFLORAMIENTO | | | | |
| MUESTRA No. | M01, M02, M03 y Sílice | | ENSAYADO POR | Jefferson Marín | | | | | |
| PROFUNDIDAD | 0,45m | 0.50 m | USO PROPUESTO | Fabricación de Ladrillo Artesanal | | | | | |
| LUGAR DE ENSAYO | LABORATORIO DE SUELOS DEL GAD PROVINCIAL DE MORONA SANTIAGO | | | | | | | | |
| ENSAYO DE ABSORCIÓN | | | | | | | | | |
| AGREGADO FINO(M01) | | | | | | | | | |
| Materia que pasa el tamiz N° | 4 | | | | y es pasante del tamiz N° | | 200 | | |
| "A" peso en el aire de la muestra secada al horno | | | | | | | 461,00 | | gr |
| "B" volumen de la probeta | | | | | | | 500,00 | | ml |
| "C" peso de agua añadida | | | | | | | 276,00 | | gr |
| % de absorción | | | B-A | X | = | 500,00 - 461,00 | | X100 | 8,46 |
| | | | A | 100 | | 461,00 | | = | |
| AGREGADO FINO(M02) | | | | | | | | | |
| Materia que pasa el tamiz N° | 4 | | | | y es pasante del tamiz N° | | 200 | | |
| "A" peso en el aire de la muestra secada al horno | | | | | | | 467,80 | | gr |
| "B" volumen de la probeta | | | | | | | 500,00 | | ml |
| "C" peso de agua añadida | | | | | | | 284,40 | | gr |
| % de absorción | | | B-A | X | = | 500,00 - 467,80 | | X100 | 6,88 |
| | | | A | 100 | | 467,80 | | = | |
| AGREGADO FINO(M03) | | | | | | | | | |
| Materia que pasa el tamiz N° | 4 | | | | y es pasante del tamiz N° | | 200 | | |
| "A" peso en el aire de la muestra secada al horno | | | | | | | 467,60 | | gr |
| "B" volumen de la probeta | | | | | | | 500,00 | | ml |
| "C" peso de agua añadida | | | | | | | 281,00 | | gr |
| % de absorción | | | B-A | X | = | 500,00 - 467,60 | | X100 | 6,93 |
| | | | A | 100 | | 467,60 | | = | |
| AGREGADO FINO(Sílice) | | | | | | | | | |
| Materia que pasa el tamiz N° | 4 | | | | y es pasante del tamiz N° | | 200 | | |
| "A" peso en el aire de la muestra secada al horno | | | | | | | 479,60 | | gr |
| "B" volumen de la probeta | | | | | | | 500,00 | | ml |
| "C" peso de agua añadida | | | | | | | 309,40 | | gr |
| % de absorción | | | B-A | X | = | 500,00 - 479,60 | | X100 | 0,43 |
| | | | A | 100 | | 479,6 | | = | |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Para la preparación de la pasta para los ladrillos se utilizó 23 750 gramos como mezcla total de la pasta cerámica, con esta pasta se formaron cinco ladrillos, dado que la NTE INEN 292:2015, indica que los ensayos de calidad deben realizarse en al menos 5 ladrillos. Las concentraciones 80% de arcilla, 15% de sílice y 5% de aserrín, estos materiales se adicionan para mejorar las características de la pasta.

Para calcular el volumen de agua se utilizó la relación de 20 ml de agua por cada 100 gramos de arcilla, entonces, la concentración de arcilla corresponde a 19 000 gramos y por lo tanto, el volumen de agua agregado fue 3 800 ml.

$$Volumen\ de\ agua = \frac{19\ 000\ g * 20\ ml}{100\ g}$$

$$Volumen\ de\ agua = 3\ 800\ ml$$

Se consideró los porcentajes de absorción de las arcillas y en función de esto se determinó el agua adicional que debió incorporarse en la mezcla, siendo un volumen total de 5 209, 80 ml de agua.

Se inició la mezcla en seco de forma manual con la utilización de una espátula y las manos del operador, el objetivo fue distribuir las partículas de forma homogénea en toda la masa y se añadió el agua paulatinamente hasta alcanzar la consistencia deseada en la pasta como se muestra en la ilustración 12-3, la dosificación de materias primas para cada unidad de ladrillo se detalla en la tabla 5-3.

Tabla 6-3: Dosificación de materias primas para la pasta cerámica

| Datos | | Dosificación para la realización de la pasta (4750 gr) por ladrillo | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|---|--------|-----------|--------|-----------|--------|--------|-------|---------|-------|---------|
| Nro. Piezas | Código | Arcilla 1 | | Arcilla 2 | | Arcilla 3 | | Sílice | | Aserrín | | H2O |
| | | (%) | gr | (%) | gr | (%) | gr | (%) | gr | (%) | gr | ml |
| 1 | R01M23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 3800 | 15 | 712.5 | 5 | 237.5 | 1136 |
| 2 | R02M23 | 0 | 0 | 80 | 3800 | 0 | 0 | 15 | 712.5 | 5 | 237.5 | 1018.24 |
| 3 | R03M23 | 85 | 4038 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 475 | 5 | 237.5 | 1018.24 |
| 4 | R04M23 | 40 | 1900 | 0 | 0 | 40 | 1900 | 15 | 712.5 | 5 | 237.5 | 1018.24 |
| 5 | R05M23 | 25 | 1187.5 | 25 | 1187.5 | 25 | 1187.5 | 20 | 950 | 5 | 237.5 | 1018.24 |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.



Ilustración 12-3: Dosificación y mezclado para la pasta cerámica

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.8.4. Amasado

El proceso de amasado inició al agregar una pequeña cantidad de agua a la mezcla y con las manos realizar movimientos que integren los componentes de la mezcla y paulatinamente agregar el volumen total de agua a fin de formar una pasta, esta pasta se dejó reposar por un periodo de 24 horas para cumplir con lo indicado por la norma de plasticidad AASHTO T87 y facilitar su trabajabilidad en el proceso de moldeado como se muestra en la ilustración 13-3.



Ilustración 13-3: Amasado de la pasta cerámica

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Tabla 7-3: Porcentaje de humedad de la pasta

| # de piezas | Porcentaje de humedad de la pasta | | | | % de humedad | Promedio % |
|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------|----------------|--------------|------------|
| | # Tarro | Peso Húmedo | Peso Seco | Peso del tarro | | |
| 1 | 22 | 73.8 | 61.4 | 27.93 | 37.05 | 39.00 |
| 2 | 24 | 100 | 73.8 | 29.13 | 58.65 | |
| 3 | 25 | 92 | 81.2 | 28.38 | 20.45 | |
| 4 | 26 | 94 | 75.2 | 28.03 | 39.86 | |
| 5 | 27 | 83.6 | 68 | 28.02 | 39.02 | |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.8.5. Moldeado

El proceso de moldeado inició con la fabricación de los moldes en función de las dimensiones que maneja la empresa ladrillera FALCO de la ciudad de Cuenca, el principal material es madera y cada molde tiene capacidad para tres piezas, la dimensión del molde es de 48 cm x 32 cm y x 08 cm, y, por lo tanto, cada unidad de ladrillo tendrá una dimensión de 28 cm x 13 cm y 8.5 cm, como se muestra en la ilustración 14-3.



Ilustración 14-3: Fabricación de moldes y proceso de moldeo

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

El dimensionamiento de los moldes dentro de la industria ladrillera ha sido establecido por los requerimientos y conocimientos empíricos de la empresa FALCO, Fábrica Artesanal de Ladrillos; sin embargo, según la NTE INEN 317 para fabricación de ladrillos cerámicos empleados en actividades de construcción civil sean fabricados artesanal o industrialmente deben cumplir lo indicado en la tabla siguiente. La norma establece las dimensiones en función de un módulo,

mismo que puede tomar diferentes valores según el país; en el Ecuador y según la terminología de la NTE INEN 308: “Módulo básico: es igual a un decímetro y se lo representa con la letra M”, es decir, el módulo es igual a 10 centímetros.

Tabla 8-3: Dimensiones modulares normales de ladrillos cerámicos

| Largo | Ancho | Espesor | Largo | Ancho | Espesor |
|-------|-------|---------|-------|-------|---------|
| 2M | 1M | 1M | 20 cm | 10 cm | 10 cm |
| 3M | 1.5M | 1M | 30 cm | 15 cm | 10 cm |
| 4M | 2M | 1M | 40 cm | 20 cm | 10 cm |

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización – NTE INEN 317, 1997, p. 1

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Para el moldeado como tal, se introdujo el molde en agua por al menos 24 horas y después se cubrieron las paredes internas del molde con ceniza obtenida del mismo proceso de cocción de ladrillos anteriores, este proceso evita que el ladrillo se adhiera en las paredes del molde.

3.8.6. Secado

El secado de los ladrillos es quizá la etapa más complicada del proceso de fabricación, dado que, esta debe realizarse al aire libre e intervienen factores climáticos como la lluvia, el sol, el viento y por consiguiente la fluctuación de la temperatura ambiente. La primera fase del secado consistió en ubicar la pieza de ladrillo en un ambiente cerrado durante 4 días para tener una velocidad de circulación de aire constante y una temperatura con un menor rango de variación. Posteriormente, en la segunda etapa se introducen los ladrillos en el horno a una temperatura de 110 °C por 24 horas a fin de eliminar toda la humedad y evitar que la pieza se fracture en el proceso de cocción, como se muestra en la ilustración 15-3.

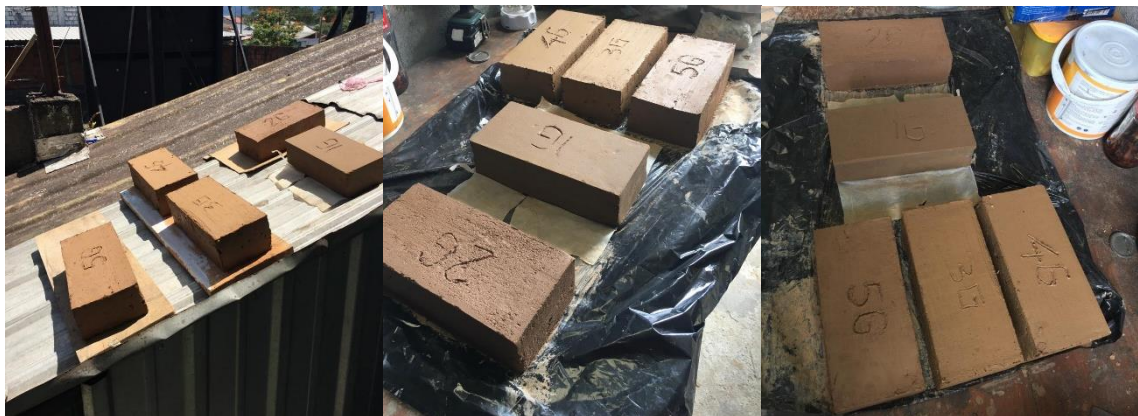


Ilustración 15-3: Secado de los ladrillos tipo

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.8.7. Cocción

El proceso de cocción fue la etapa final de la fabricación del ladrillo y se realizó en un horno artesanal con capacidad de 3000 a 3500 ladrillos por lote de producción. La pieza de ladrillo se ubicó en el interior del horno con una separación de 3 cm en todas las direcciones con respecto a otras piezas, como se indica en la ilustración 16-3.

La temperatura dentro del horno no es igual, es así como, la temperatura en la parte superior e inferior del horno no es la misma por lo que ciertas piezas de ladrillos pudieran presentar defectos. Para el proceso de cocción en un horno artesanal debe suministrarse suficiente cantidad de leña que mantenga el horno encendido por un periodo de cocción de 24 horas, después de este tiempo se deja en reposo los ladrillos durante 5 días para alcanzar la temperatura ambiente y evitar las fisuras en las piezas.



Ilustración 16-3: Proceso de cocción de los ladrillos tipo

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

La ilustración 17-3, muestra los ladrillos tipo, fabricados en la ciudad de Cuenca para el análisis de la calidad de los mismos.



Ilustración 17-3: Ladrillos terminados

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.9. Pruebas de calidad de los ladrillos tipo

3.9.1. Variación de la longitud de los ladrillos

La variación de la longitud de los ladrillos se relacionó con los procesos de secado y cocción, para establecer las dimensiones finales de cada una de las piezas de construcción se utilizó un flexómetro y sus unidades se tomaron en centímetros como se muestra en la ilustración 18-3.



Ilustración 18-3: Medición del ladrillo tipo cocido

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.9.2. Ensayo de absorción del ladrillo

El ensayo de absorción según la norma técnica NTE INEN 296 tiene como principio establecer la diferencia de masas de una muestra de ladrillo antes y después de sumergirla en agua para determinar el valor de absorción de humedad.

3.9.2.1. Equipos y materiales para ensayo de absorción

Los equipos utilizados son:

- Balanza con capacidad mínima de 5 kg y con una escala de medición que permita lecturas decimales.
- Estufa u horno de secado a temperatura de 110 °C.

3.9.2.2. Preparación de las muestras

La muestra de ladrillos de un lote de producción según lo indicado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización en la Norma Técnica 292 es igual a cinco unidades para producciones de hasta 35000 piezas. Las probetas de ensayo corresponden a las mitades de cada ladrillo con sus caras planas y paralelas como se muestra en la ilustración 19-3.



Ilustración 19-3: Probetas para ensayo de absorción

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.9.2.3. Procedimiento

En primer lugar, los ladrillos se secaron hasta obtener una masa constante, es decir, que cada pieza de ladrillo al ser pesada no difiera más del 0.1% en su valor. A continuación, se sumergieron las muestras de ladrillos en agua a una temperatura entre 15 °C y 30 °C por 24 horas. Después de transcurrido el tiempo, se retiraron los ladrillos del agua y se dejaron estilar por 5 minutos y después se secaron las superficies con una toalla e inmediatamente se pesaron como se muestra en las ilustraciones 20-3, 21-3 y 22-3.



Ilustración 20-3: Secado y pesado en seco de las probetas

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.



Ilustración 21-3: Probetas sumergidas en agua

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.



Ilustración 22-3: Secado y pesado después de la sumersión

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.9.2.4. Análisis de resultados

El porcentaje de absorción se calcula según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 \quad (\text{Ec. 7-3})$$

Donde:

P1 = masa de la muestra desecada

P2 = masa de la muestra después de 24 horas sumergida en agua

El promedio de los porcentajes de absorción de las cinco muestras representa el porcentaje total de absorción de humedad del lote de ladrillos inspeccionados.

3.9.3. *Ensayo de esfuerzo a compresión simple*

El ensayo a fuerzas de compresión según la norma técnica NTE INEN 294 puede realizarse en cualquier máquina de compresión que tenga un plato con rótula de segmento esférico, bajo la condición de que las superficies de contacto de los apoyos sean iguales o mayores que las muestras de prueba.

3.9.3.1. *Preparación de las muestras*

El ladrillo muestra se dividió con dos mitades con caras planas y paralelas, se utilizaron cinco piezas secas, enteras y sin defectos visuales como se muestra en la ilustración 23-3. El corte se realizó con una máquina amoladora y un disco de corte ideal para materiales cerámicos, obteniendo probetas con de 0.13 metros y 0.12 metros de superficie sobre la que se aplicará la fuerza uniaxial.



Ilustración 23 -3: Probetas para ensayo de compresión

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Al haberse cocido cinco unidades de ladrillos, dado el caso de que alguna de ellas presentara irregularidades de forma, en sus caras tengan estrías, fisuras o ranuras posterior a la división en dos mitades, se tratarán las probetas de la siguiente forma:

- Recubrimiento de las caras que estarán en contacto con la muestra con una pasta compuesta por azufre en proporción de 40 a 60 % con arcilla, ceniza volcánica u otro material inerte.
- Enfriar y secar la mezcla anterior por un tiempo mínimo de dos horas.
- Si la superficie del ladrillo presentara oquedades, se llenarán con cemento Pórtland y se dejará fraguar por 24 horas.

3.9.3.2. Procedimiento del ensayo

El ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos fabricados se realizó en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la ciudad de Riobamba, bajo la guía y supervisión del responsable del laboratorio.

- Se colocó la probeta dentro de las placas de la máquina, asegurándose de que esta se ubique en el centro con respecto a la rótula y que la carga sea aplicada en la dirección de menor dimensión

- Hasta la mitad de la carga probable según lo indicado por la normativa se aplica la fuerza a cualquier velocidad; mientras que, la carga restante hasta la rotura se aplica gradualmente, en un tiempo no menor a un minuto ni superior a dos minutos, este proceso se muestra en la ilustración 24-3.



Ilustración 24-3: Ejecución del ensayo de resistencia a la compresión

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

3.9.3.3. Interpretación de resultados

La resistencia a la compresión se calcula según la siguiente ecuación:

$$C = \frac{P}{A} \quad (\text{Ec. 8-3})$$

Donde:

C = La resistencia a la compresión o presión medida de Megapascales

P = La carga de rotura o fuerza aplicada sobre la probeta en Newtons.

A = Área de la sección sobre la que se aplica la fuerza en metros cuadrados.

El promedio de los valores obtenidos en las cinco muestras representa la resistencia total a la compresión del lote de ladrillos en estudio y se evalúa también la resistencia a la compresión individual de cada ladrillo (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1977, p. 2).

Tabla 9-3: Requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos

| Tipo de ladrillo | Resistencia mínima a la compresión (MPa) | | Resistencia mínima a la flexión (MPa) | Absorción máxima de humedad (%) |
|-------------------------|---|------------|--|--|
| | Promedio de 5 unidades | Individual | Promedio de 5 unidades | Promedio de 5 unidades |
| Macizo Tipo A | 25 | 20 | 4 | 16 |
| Macizo Tipo B | 16 | 14 | 3 | 18 |
| Macizo Tipo C | 8 | 6 | 2 | 25 |
| Hueco Tipo D | 6 | 5 | 4 | 16 |
| Hueco Tipo E | 4 | 4 | 3 | 18 |
| Hueco Tipo F | 3 | 3 | 2 | 25 |
| Método de ensayo | INEN 294 | | INEN 295 | INEN 296 |

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización – NTE INEN 297, 1977, p. 2.

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados del ensayo de porcentaje de humedad natural

El ensayo para determinar el porcentaje de humedad utilizó dos submuestras de arcilla por cada uno de los puntos de muestreo y se estableció el promedio de estas dos mediciones como el valor de humedad natural, calculado según la ecuación 1-3.

Tabla 1-4: Porcentaje de humedad natural de las muestras de arcilla

| Muestra | Submuestra | Peso húmedo (g) | Peso seco (g) | Peso recipiente (g) | % Humedad | % Promedio |
|---------|------------|-----------------|---------------|---------------------|-----------|------------|
| PM1 | PM1-01 | 153.20 | 127.20 | 28.38 | 26.31 | 26.35 |
| | PM1-02 | 146.80 | 122.00 | 28.03 | 26.39 | |
| PM2 | PM2-01 | 170.00 | 144.40 | 27.39 | 21.88 | 19.20 |
| | PM2-02 | 170.00 | 149.80 | 27.58 | 16.53 | |
| PM3 | PM3-01 | 173.20 | 140.80 | 28.20 | 28.77 | 28.82 |
| | PM3-02 | 18.60 | 146.40 | 27.93 | 28.87 | |
| PM4 | PM4-01 | 168.20 | 136.80 | 27.03 | 28.61 | 27.51 |
| | PM4-02 | 183.20 | 150.60 | 27.23 | 26.42 | |
| PM5 | PM5-01 | 186.60 | 155.40 | 28.38 | 24.56 | 24.73 |
| | PM5-02 | 188.20 | 156.00 | 26.64 | 24.89 | |
| PM6 | PM6-01 | 177.40 | 140.80 | 28.46 | 32.58 | 33.04 |
| | PM6-02 | 180.40 | 141.80 | 26.61 | 33.51 | |
| PM7 | PM7-01 | 178.00 | 145.00 | 27.09 | 27.99 | 28.32 |
| | PM7-02 | 172.80 | 140.80 | 29.09 | 28.65 | |
| PM8 | PM8-01 | 163.00 | 124.00 | 26.79 | 40.12 | 39.49 |
| | PM8-02 | 171.20 | 131.20 | 28.27 | 38.86 | |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

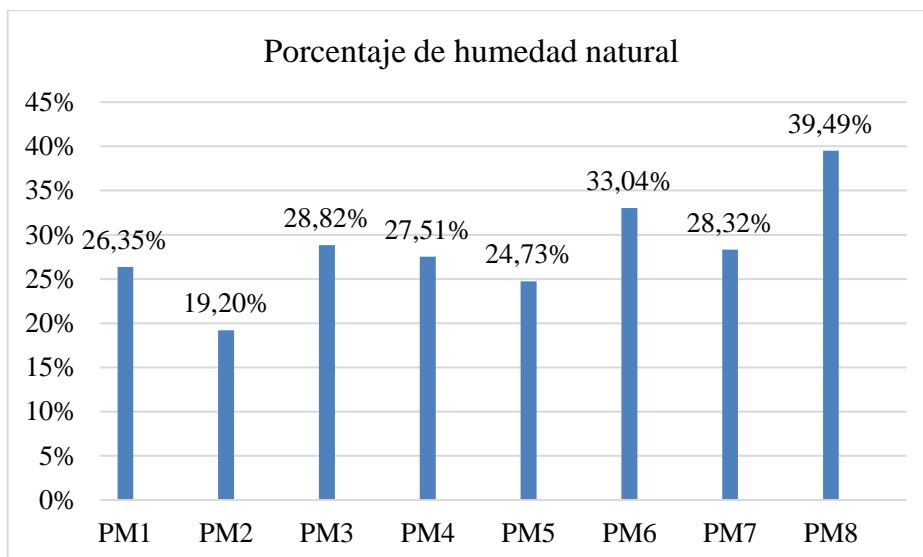


Ilustración 1-4: Porcentaje de humedad natural de las muestras de arcilla

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Análisis e interpretación

El porcentaje de humedad natural de las muestras de arcilla determinó que los puntos de muestreo con mayor cantidad de agua son los puntos PM8 y PM6 con porcentajes superiores al 30% de humedad; mientras que, el punto más seco corresponde al punto PM2 con un valor de 19.20% de humedad.

4.2. Resultados del ensayo de límite líquido

El límite líquido es el porcentaje de humedad con que un suelo cambia su consistencia, es decir, cuando la humedad disminuye la arcilla cambia de consistencia líquida a plástica; y, cuando la humedad aumenta cambia de consistencia plástica a líquida.

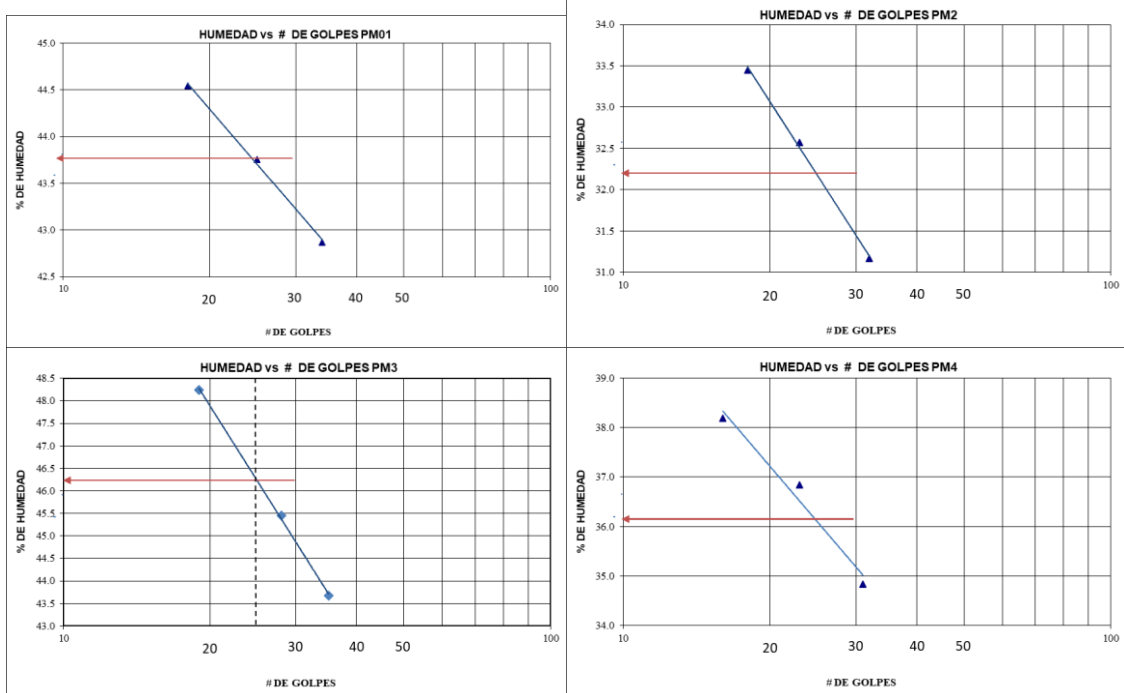
Tabla 2-4: Resultados del ensayo de límite líquido de las muestras de arcilla

| Muestra | Submuestra | Peso húmedo (g) | Peso seco (g) | Peso recipiente (g) | % Humedad | % Promedio |
|---------|------------|-----------------|---------------|---------------------|-----------|------------|
| PM1 | PM1-01 | 47.60 | 41.80 | 28.27 | 42.87 | 43.72% |
| | PM1-02 | 51.20 | 44.40 | 28.86 | 43.76 | |
| | PM1-03 | 52.40 | 44.40 | 26.44 | 44.54 | |
| PM2 | PM2-01 | 51.80 | 46.00 | 27.39 | 31.17 | 32.40% |
| | PM2-02 | 52.00 | 46.00 | 27.58 | 32.57 | |
| | PM2-03 | 50.80 | 45.00 | 27.66 | 33.45 | |
| PM3 | PM3-01 | 48.60 | 42.60 | 28.86 | 43.67 | 45.79% |
| | PM3-02 | 48.20 | 41.40 | 26.44 | 45.45 | |
| | PM3-03 | 50.80 | 43.40 | 28.06 | 48.24 | |

| | | | | | | |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| PM4 | PM4-01 | 51.60 | 45.60 | 28.38 | 34.84 | 36.62% |
| | PM4-02 | 51.80 | 45.40 | 28.03 | 36.85 | |
| | PM4-03 | 54.80 | 47.40 | 28.02 | 38.18 | |
| PM5 | PM5-01 | 50.40 | 45.20 | 26.02 | 27.11 | 28.11% |
| | PM5-02 | 53.00 | 47.40 | 27.09 | 27.57 | |
| | PM5-03 | 56.20 | 50.00 | 29.09 | 29.65 | |
| PM6 | PM6-01 | 53.80 | 46.40 | 27.52 | 39.19 | 40.91% |
| | PM6-02 | 51.20 | 44.20 | 27.03 | 40.77 | |
| | PM6-03 | 48.00 | 41.60 | 26.64 | 42.78 | |
| PM7 | PM7-01 | 55.00 | 47.60 | 26.79 | 35.56 | 36.79% |
| | PM7-02 | 53.80 | 47.00 | 28.27 | 36.31 | |
| | PM7-03 | 52.60 | 46.00 | 28.86 | 38.51 | |
| PM8 | PM8-01 | 48.80 | 41.60 | 26.02 | 46.21 | 47.47% |
| | PM8-02 | 50.80 | 43.20 | 27.09 | 47.18 | |
| | PM8-03 | 52.80 | 45.00 | 29.09 | 49.03 | |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Este valor de límite líquido se calculó por el ensayo de Casagrande que mide el porcentaje de humedad en función del número de golpes, que indica 25 golpes a una altura de 1 centímetro en un segmento de 12 milímetros.



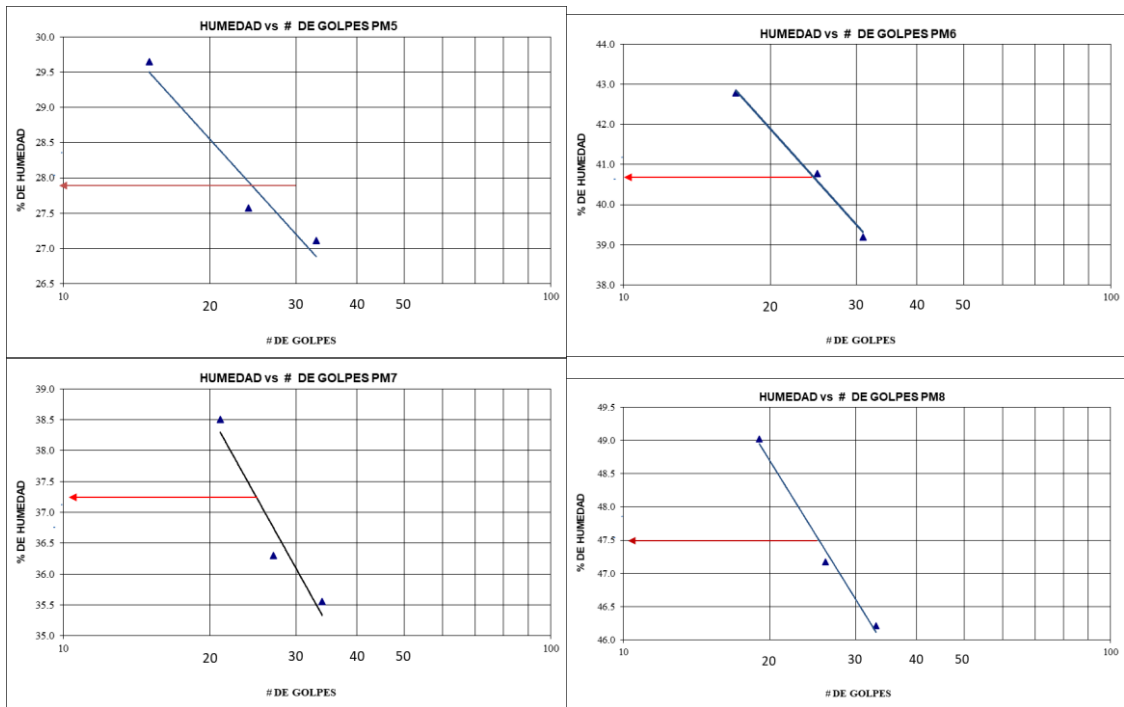


Ilustración 2-4: Curva % Humedad vs # Golpes – Ensayo de Casagrande

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

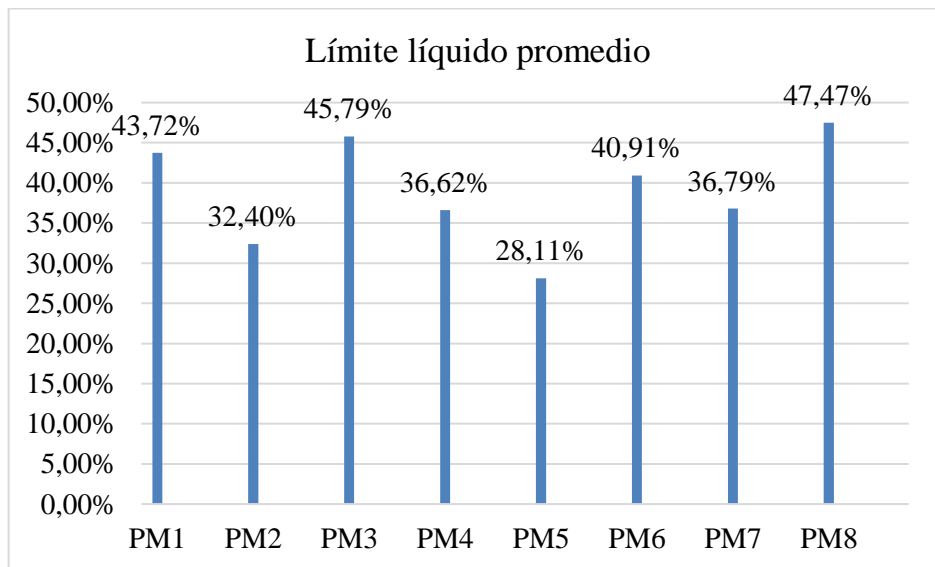


Ilustración 3-4: Límite líquido promedio de las muestras de arcilla

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Análisis e interpretación

El límite líquido de las muestras de arcilla calculado por el ensayo de Casagrande, determinó que las muestras 1, 3 y 8 tienen mayores límites de humedad, es decir, el material se encuentra en estado líquido.

4.3. Resultados del ensayo de límite plástico

El límite plástico es en concreto el porcentaje de humedad que requiere la arcilla para comportarse como un material plástico, es decir, capaz de deformarse por una fuerza externa y mantener la nueva forma.

Tabla 3-4: Resultados del ensayo de límite plástico

| Muestra | Submuestra | Peso húmedo (g) | Peso seco (g) | Peso recipiente (g) | % Humedad | % Promedio |
|---------|------------|-----------------|---------------|---------------------|-----------|------------|
| PM1 | PM1-01 | 16.80 | 16.00 | 13.50 | 32.00 | 30.13% |
| | PM1-02 | 14.20 | 13.40 | 10.57 | 28.27 | |
| PM2 | PM2-01 | 15.00 | 14.40 | 10.61 | 15.83 | 16.18% |
| | PM2-02 | 18.20 | 17.60 | 13.97 | 16.53 | |
| PM3 | PM3-01 | 17.00 | 16.40 | 13.50 | 20.69 | 20.95% |
| | PM3-02 | 14.00 | 13.40 | 10.57 | 21.20 | |
| PM4 | PM4-01 | 17.6 | 16.80 | 13.33 | 23.05 | 22.70% |
| | PM4-02 | 17.8 | 17.00 | 13.42 | 22.35 | |
| PM5 | PM5-01 | 17.40 | 16.80 | 13.26 | 16.95 | 17.07% |
| | PM5-02 | 17.60 | 17.00 | 13.51 | 17.19 | |
| PM6 | PM6-01 | 18.2 | 17.20 | 13.67 | 28.33 | 29.71% |
| | PM6-02 | 18.8 | 17.60 | 13.74 | 31.09 | |
| PM7 | PM7-01 | 18.20 | 17.20 | 13.39 | 26.25 | 26.04% |
| | PM7-02 | 18.20 | 17.20 | 13.33 | 25.84 | |
| PM8 | PM8-01 | 15.00 | 13.80 | 10.66 | 38.22 | 36.10% |
| | PM8-02 | 19.00 | 17.60 | 13.48 | 33.98 | |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

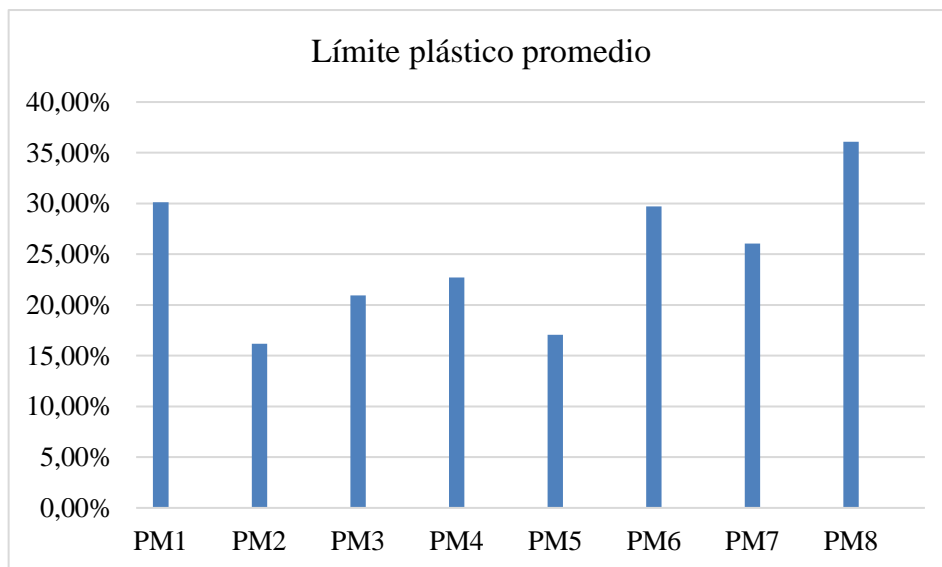


Ilustración 4-4: Límite plástico promedio de las muestras de arcilla

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Análisis en interpretación

El ensayo de límite plástico desarrollado por el autor de la investigación indicó que las arcillas de los puntos de muestreo 01, 06 y 08, tiene mayor límite de plasticidad, es decir, estas arcillas resultarían más maleables para la formación de pastas cerámicas.

4.4. Índice de plasticidad

El índice de plasticidad es el intervalo de humedad en el cual la arcilla tiene comportamiento de material plástico, es decir, es la cantidad de agua que acepta la arcilla para mantenerse con una consistencia plástica que permite su deformación.

Tabla 4-4: Índice de plasticidad de las muestras de arcilla

| Muestra | Límite líquido | Límite plástico | Índice de plasticidad |
|---------|----------------|-----------------|-----------------------|
| PM1 | 43.72% | 30.13% | 13.59 |
| PM2 | 32.40% | 16.18% | 16.22 |
| PM3 | 45.79% | 20.95% | 24.84 |
| PM4 | 36.10% | 22.70% | 13.40 |
| PM5 | 28.11% | 17.07% | 11.04 |
| PM6 | 40.91% | 29.71% | 11.21 |
| PM7 | 36.79% | 26.04% | 10.75 |
| PM8 | 47.47% | 36.10% | 11.37 |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

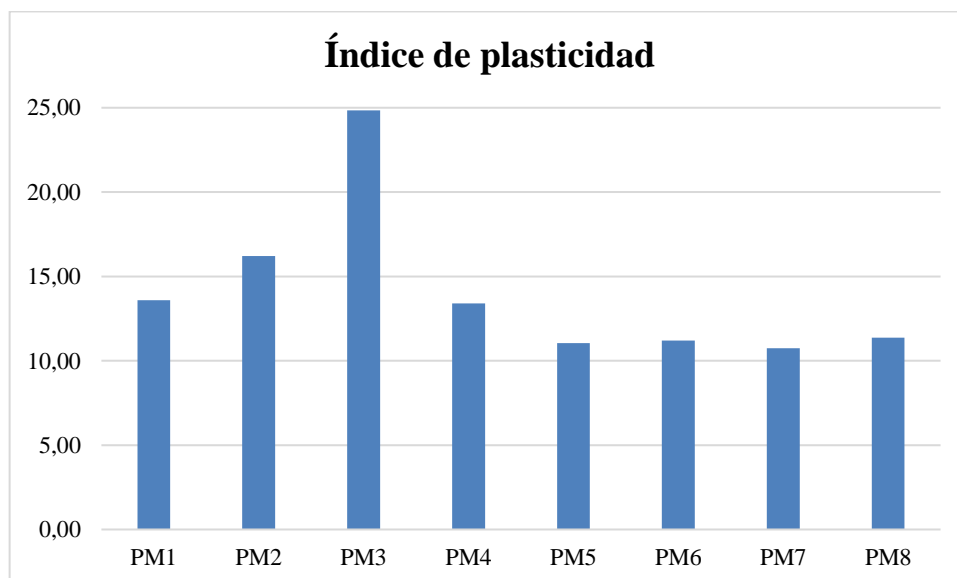


Ilustración 5-4: Índice de plasticidad de las muestras de arcilla

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Análisis e interpretación

El índice de plasticidad es la capacidad de la arcilla de recibir agua o humedecerse manteniendo la característica de material plástico, entonces, un índice de plasticidad bajo significa que es muy sensible a los cambios de humedad; mientras que, un índice de plasticidad alto indica que para que la arcilla pase de estado semisólido a líquido debe agregarse gran cantidad de agua. En este sentido, las arcillas con mejor índice de plasticidad son las de los puntos de muestreo PM1, PM2 y PM3 resultando las más favorables para la fabricación de ladrillos pues el intervalo de humedad es más amplio y permite la maleabilidad de la pasta.

4.4.1. Carta de plasticidad

La carta de plasticidad de Casagrande es un gráfico cartesiano de coordenadas X y Y, que representa los valores del límite líquido e índice de plasticidad para discriminar las arcillas y limos. La línea A del diagrama de Casagrande separa la arcilla del limo y se calcula por la ecuación

$$IP = 0.73 (LL - 20) \quad (\text{Ec. 1-4})$$

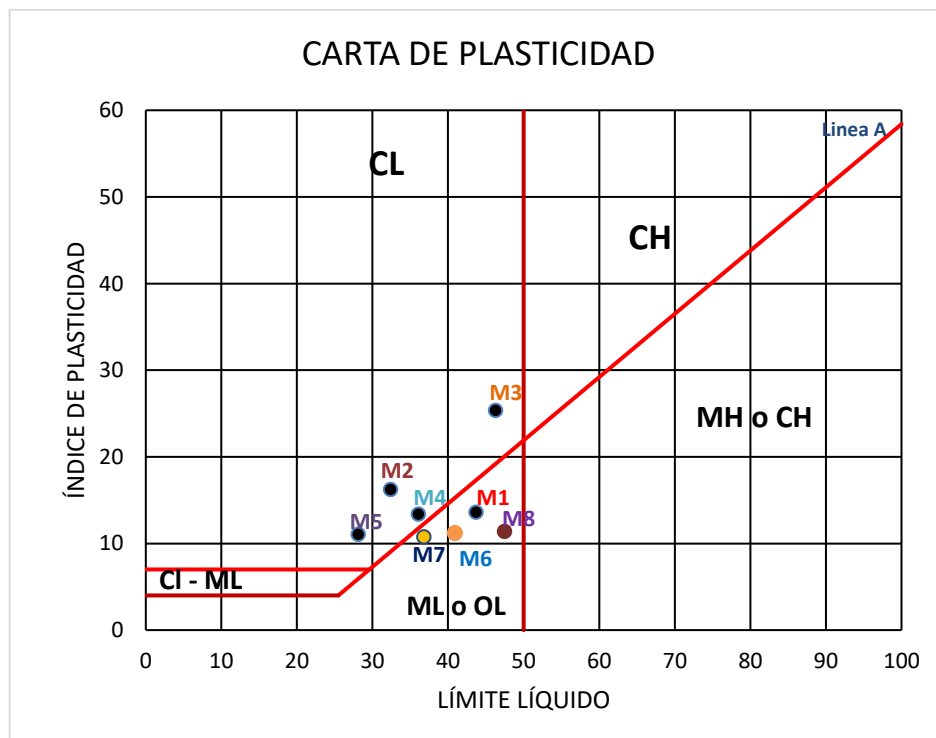


Ilustración 6-4: Carta de plasticidad de Casagrande

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Según los resultados del gráfico las arcillas de los puntos de muestreo PM1, PM6, PM7, PM8 ubicadas debajo de la Línea A corresponden al grupo limos de baja y/o media plasticidad;

mientras que, las arcillas de los puntos PM2, PM3, PM4 y PM5 son arcillas inorgánicas de baja y/o medio plasticidad.

4.5. Resultados de granulometría

La granulometría permite conocer la medida de los granos de una muestra de arcilla y la distribución granulométrica establece la tendencia de homogeneidad o heterogeneidad de los diámetros de las partículas.

Tabla 5-4: Distribución granulométrica de las muestras de arcilla

| Muestra | Árido | Grava | Arena | Finos |
|---------|-------|-------|--------|--------|
| PM1 | 0.00% | 0.00% | 12.30% | 87.70% |
| PM2 | 0.00% | 0.00% | 25.30% | 74.70% |
| PM3 | 0.00% | 0.00% | 6.10% | 93.90% |
| PM4 | 0.00% | 0.00% | 22.70% | 77.30% |
| PM5 | 0.00% | 0.00% | 23.20% | 76.80% |
| PM6 | 0.00% | 0.00% | 17.50% | 82.50% |
| PM7 | 0.00% | 0.00% | 16.80% | 83.20% |
| PM8 | 0.00% | 0.00% | 22.10% | 77.90% |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

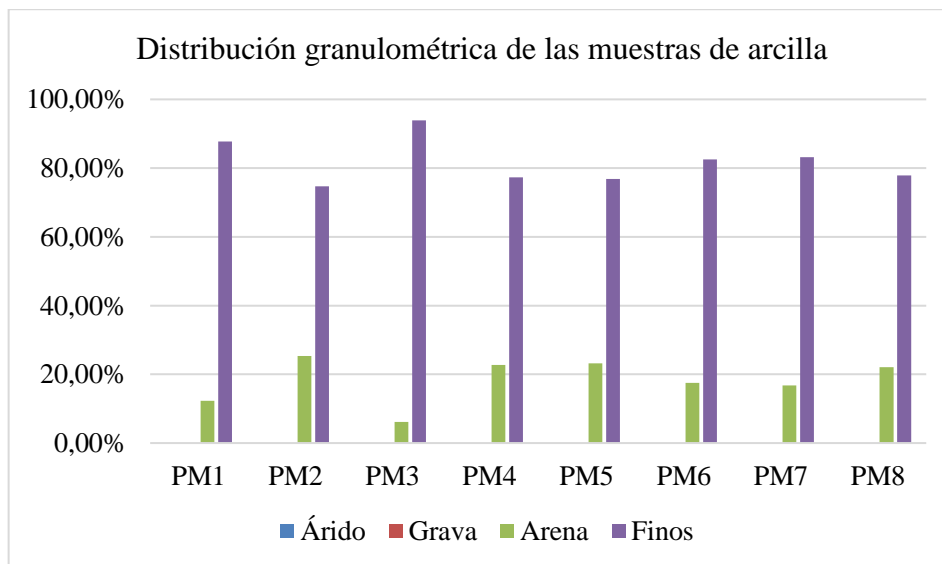


Ilustración 7-4: Distribución granulométrica de las muestras de arcilla

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Análisis y discusión

El ensayo de granulometría desarrollado indicó que en todas las muestras de arcilla que fueron recolectadas, el porcentaje de finos supera el 70%, es decir, la arcilla recolectada en los puntos de muestreo es homogénea para la preparación de la pasta cerámica.

Tabla 6-4: Síntesis de resultados de la caracterización de las arcillas del sector Timbiana

| RESULTADOS EN PORCENTAJE DE LOS ENSAYOS FÍSICOS | | | | | | | | |
|---|----------------|------------|------------|------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS DE TIMBIANA | | | | | | | | |
| Según | | | | | | | | |
| SUCS y AASTHO | M01 | M02 | M03 | M04 | M05 | M06 | M07 | M08 |
| SUCS | ML - OL | CL | CL | CL | CL | ML - OL | ML - OL | ML - OL |
| AASTHO | A-7 | A-6 | A-7 | A-6 | A-6 | A-7 | A-4 | A-6 |
| Humedad Natural | 23,35 | 19,20 | 28,82 | 27,51 | 24,73 | 33,04 | 28,32 | 39,49 |
| Límite Líquido | 43,72 | 32,40 | 46,30 | 36,10 | 28,11 | 40,91 | 36,79 | 47,47 |
| Limite Plástico | 30,13 | 16,18 | 20,95 | 22,70 | 17,07 | 29,71 | 26,04 | 36,10 |
| Índice Plástico | 13,59 | 16,22 | 25,35 | 13,40 | 11,04 | 11,21 | 10,75 | 11,37 |
| Índice de Grupo | 14 | 10 | 26 | 10 | 7 | 11 | 9 | 11 |
| GRANULOMETRÍA (%) | | | | | | | | |
| Árido | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Grava | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Arena | 12,30 | 25,3 | 6,1 | 22,7 | 23,2 | 17,5 | 16,8 | 22,1 |
| Finos (Arcillas) | 87,80 | 74,7 | 93,9 | 77,3 | 76,8 | 82,5 | 83,2 | 77,9 |
| Total Muestra(gr) | 835 | 892 | 801 | 722 | 822.2 | 855,4 | 786,4 | 793,6 |
| Total (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

4.6. Resultados de los análisis de ladrillos tipo

4.6.1. Resultado de la variación de longitud

La variación de longitud tuvo como punto de partida el tamaño interno del molde y el tamaño del ladrillo posterior al proceso de cocción y se presentan los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 7-4: Variación de longitud de los ladrillos tipo

| VARIACIÓN DE LONGITUD DEL LADRILLOS TIPO | | | | | | |
|---|----------------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|------------------|
| Nombre | Longitud Inicial(cm) | Ancho inicial (cm) | Profundidad (cm) | Longitud Inicial(cm) | Ancho inicial (cm) | Profundidad (cm) |
| R01M23 | 28 | 13 | 8.5 | 27 | 12 | 7.5 |
| R02M23 | 28 | 13 | 8.5 | 27 | 12 | 7.5 |
| R03M23 | 28 | 13 | 8.5 | 27 | 12 | 7.5 |
| R04M23 | 28 | 13 | 8.5 | 27 | 12 | 7.5 |
| R05M23 | 28 | 13 | 8.5 | 26.5 | 12 | 7.5 |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

La Tabla 6-4 muestra la variación de la longitud de los cinco ladrillos fabricados a partir de la arcilla recolectada en los suelos del sector Timbiana, el tamaño final del ladrillo en comparación con el tamaño al moldeado difiere en aproximadamente un centímetro, esto se debe a la compactación de la pasta cerámica tanto en el proceso de secado como en el de cocción.

4.6.2. Resultado del porcentaje de absorción de humedad

Después de transcurridas 24 horas de que los ladrillos se sumergieran en agua, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8-4: Resultados del porcentaje de absorción de humedad de los ladrillos

| Nombre | Peso en seco (gramos) | Peso después de la sumersión | % de absorción de humedad | % absorción máxima | Diferencia |
|--------|-----------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|------------|
| R01M23 | 1427.27 | 1873.64 | 31.27 | 25 | -6.27 |
| R02M23 | 1430.00 | 1661.36 | 16.17 | 25 | 8.83 |
| R03M23 | 1427.27 | 1880.91 | 31.78 | 25 | -6.78 |
| R04M23 | 1426.82 | 1775.00 | 24.40 | 25 | 0.60 |
| R05M23 | 1818.18 | 1875.91 | 3.07 | 25 | 21.93 |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

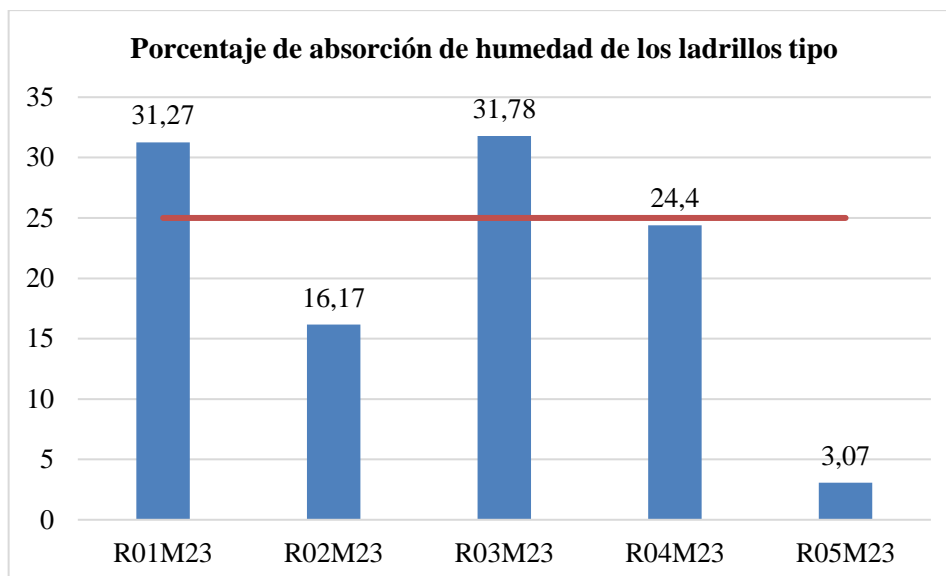


Ilustración 8-4: Porcentaje de absorción de humedad de los ladrillos tipo

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Análisis e interpretación

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 297, establece que el porcentaje máximo aceptable de absorción de humedad de los ladrillos macizos tipo C, es del 25%; en relación con este valor, se observa que los ladrillos fabricados de forma artesanal identificados como R02M23, R04M3 y R05M23 cumplen con esta característica y serían adecuados para su utilización en trabajos de construcción civil.

4.6.3. Resultado de la resistencia a la compresión simple

La compresión simple se desarrolló en una máquina Universal y se determinó el punto de ruptura de cada una de las piezas de ladrillo y los resultados se muestran a continuación:

Tabla 9-4: Resultado de la resistencia a la compresión simple

| Ladrillo | Fuerza máxima (N) | Área (m ²) | Resistencia a la compresión (Mpa) | Resistencia mínima individual |
|----------|-------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| R01M23 | 53322.87 | 0.0156 | 3 | 6 |
| R02M23 | 97996.77 | 0.0156 | 6 | 6 |
| R03M23 | 59448.21 | 0.0156 | 4 | 6 |
| R04M23 | 70171.88 | 0.0156 | 4 | 6 |
| R05M23 | 95733.60 | 0.0156 | 6 | 6 |

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

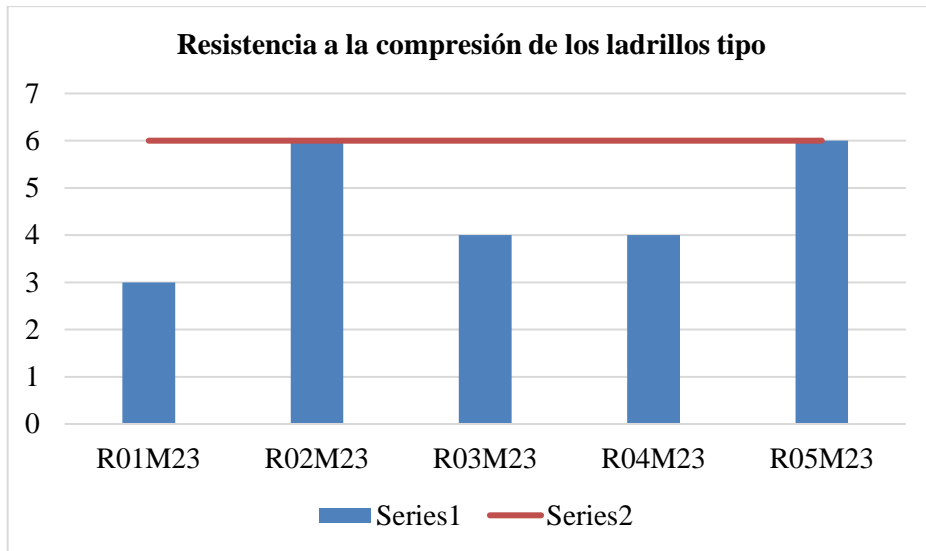


Ilustración 9-4: Resistencia a la compresión de los ladrillos tipo

Realizado por: Marín, Gustavo, 2023.

Análisis e interpretación

La resistencia de los ladrillos a fuerzas de compresión simple se evaluó de manera individual, dado que el lote de producción utilizando arcilla de los suelos de la comunidad de Timbiana fue de cinco unidades. En este sentido, los ladrillos que cumplen con la norma técnica y su resistencia a las fuerzas de compresión son mayor a 6 MPa, se trata de los ladrillos denominados R02M23 y R05M23. El primero fue elaborado utilizando la arcilla procedente del punto de muestreo PM02 con un índice de plasticidad de 16.22; mientras que, el segundo se elaboró a partir de una dosificación de las 3 arcillas con diferentes índices de plasticidad procedentes de los puntos de muestreo PM01, PM02 y PM03.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se identificó la zona potencial de afloramiento de arcilla roja en el sector de Timbiana, parroquia Río Blanco del cantón Morona a través de del trabajo de campo y visitas técnicas de observación; posteriormente, mediante la utilización de sistemas de georreferenciación se delimitó geográficamente en el mapa la zona de estudio, establecida a partir de las coordenadas 816 088 en el eje “X” y 9 737 814 en el eje “Y”, se consideró una extensión territorial de 3 189. 50 metros cuadrados y se establecieron ocho puntos de muestreo a lo largo y ancho del terreno.

Se determinaron las características físicas y mecánicas de las arcillas recolectadas en los puntos de muestreo, a través de ensayos desarrollados en el Laboratorio de Suelos del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Morona Santiago. El ensayo de granulometría determinó que las arcillas de todos los puntos de muestreo se componen por más del 70% de arcilla y las proporciones restantes son partículas de arena. El porcentaje de humedad natural varía desde el 19.20% hasta el 39.49%; el límite líquido, requerimiento de humedad para cambiar la consistencia de la arcilla de sólida a líquida, varía desde el 28.11% de humedad como el de menor requerimiento hasta el 47.47% de humedad como mayor requerimiento; el límite plástico varía desde el 16.18% hasta el 36.10%; mientras que los índices de plasticidad en los cual la arcilla tiene comportamiento de material plástico, son más favorables en las arcillas procedentes de los puntos de muestreo PM01, PM02 y PM03 con índices de plasticidad de 13.59; 24.84 y 16.22, respectivamente. Por lo tanto, las muestras más apropiadas para su utilización en la fabricación de ladrillos artesanales son aquellos con índices de plasticidad más altos.

Se fabricaron cinco ladrillos tipo, con diferentes concentraciones de las arcillas procedentes de los puntos de muestreo PM01, PM02 y PM03, y agregando aditivos como: sílice y aserrín para mejorar las características del ladrillo. Los ladrillos cocidos se sometieron a pruebas de variación de longitud, resultando que los ladrillos muestran una dimensión de 27 ± 1 cm; así también, se realizó un ensayo del porcentaje de absorción de humedad, en donde, los ladrillos R02M23, R04M23 y R05M23 con porcentajes de absorción de 16.17%, 24.4% y 3.07%, respectivamente, se encuentran dentro del límite máximo determinado por la NTE INEN 297 del 25%. Finalmente, se sometió los ladrillos a un ensayo de compresión, estableciendo que, los ladrillos R02M23 y R05M23 superan la resistencia mínima de 6 MPa. Por lo tanto, se concluyó que las arcillas

procedentes de los puntos de muestreo PM01, PM02 y PM03 tienen características físicas adecuadas para su utilización en fabricación de ladrillos; por otro lado, los ladrillos R02M23 y R05M23 cumplen con los requerimientos técnicos para su utilización en actividades de construcción, es decir, las dosificaciones más adecuadas son 80% de arcilla PM02, 15% de sílice y 5% de aserrín en el caso del ladrillo R02M23 o una mezcla de las arcillas PM01, PM02 y PM03 en proporciones iguales del 25% de la mezcla total, más el 20% de sílice y 5% de aserrín para el ladrillo R05M23.

5.2. Recomendaciones

Para la recolección de muestra, se recomienda al investigador realizar esta actividad en días similares, es decir, cuando las características meteorológicas sean homogéneas en todos los puntos de muestreo, a fin de evitar errores muestrales por la variación climática de la zona que influye directamente en las propiedades físicas del suelo.

Al investigador, manipular las muestras de suelo tomadas en función de los lineamientos y requerimientos del centro de estudio y procesamiento de muestras cumpliendo todas las medidas de seguridad e higiene determinadas por la institución.

Los aditivos como la arena o el sílice mejoran las características de plasticidad, evitan el agrietamiento y el encogimiento del ladrillo y lo endurecen. Por lo tanto, se recomienda a otros investigadores identificar la dosificación más propicia de estos materiales a fin de proporcionar mejores propiedades mecánicas a los ladrillos y disminuyan los costos de fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

AGTECNO-3. *¿Cómo se fabrican los ladrillos?* [blog]. AGTecno3, 07 febrero 2022. [Consulta: 26 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.ladrilostecno3.com/como-se-fabrican-los-ladrillos/>

BARRANZUELA LESCANO, Joyce. Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región de Piura (Tesis) (Pregrado) [en línea]. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura – Perú, 2014, p. 6. [Consulta: 18 octubre 2022]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf

CERDÁN, María. *La arcilla bentonita como ingrediente multifunción en cosmética natural* [blog]. MENTACTIVA, 2022. [Consulta: 25 octubre 2022]. Disponible en: [https://www.mentactiva.com/la-arcilla-bentonita-como-ingrediente-multifuncion-en-cosmetica-natural/#:~:text=La%20arcilla%20bentonita%2C%20o%20bentonita,la%20montmorillonita%20\(CI%2077004\).](https://www.mentactiva.com/la-arcilla-bentonita-como-ingrediente-multifuncion-en-cosmetica-natural/#:~:text=La%20arcilla%20bentonita%2C%20o%20bentonita,la%20montmorillonita%20(CI%2077004).)

CUEVA GÓMEZ, Roberto. *Morona ubicación geográfica* [blog]. Cultura Macas, 22 octubre 2010. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <http://culturamacas.blogspot.com/2010/10/morona-ubicacion-geografica.html>

ESTRATOS HOMES. *Tipos de ladrillos: ¿Cuál es mejor para cada caso?* [blog]. Estratos Homes, 27 mayo 2022. [Consulta: 30 octubre 2022]. Disponible en: https://www.estratoshomes.com/tipos-de-ladrillos/#Ladrillo_hueco

FLEXBOOK. *El perfil del suelo y sus horizontes* [blog]. 24 mayo 2021. [Consulta: 31 enero 2023]. Disponible en: <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-tierra-grados-6-8-en-espanol/section/9.7/primary/lesson/el-perfil-del-suelo-y-sus-horizontes/>

FLOREZ ARENAS, Albeiro. “Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de ladrillos en la ladrillera Mariscal Robledo S.A.” [en línea]. 2019, pp. 1-19. [Consulta: 05 octubre 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/71399397.pdf>

GALINDO, Rafael. *Distribución granulométrica de las arcillas* [blog]. Arcillas y pastas, 2017. [Consulta: 24 octubre 2022]. Disponible en: https://rafagalindoceramica.com/wp-content/uploads/2019/06/Distribucion_granulometrica_arcillas.pdf

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE RÍO BLANCO. *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia “Río Blanco”* [en línea]. Morona – Ecuador, 2015, pp. 13, 105. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1460020720001_PDyOT%20GADPR%20RIO%20BLANCO_26-06-2016_17-57-12.pdf

INGENIERÍA CIVIL. *Estructura de los minerales de arcilla* [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.ingenierocivilinfo.com/2011/02/estructura-de-los-minerales-de-arcilla.html>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 263: 1977 – Ladrillos cerámicos, definiciones, clasificación y condiciones generales* [en línea]. Quito – Ecuador: 1977. [Consulta: 31 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/293.pdf>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 297: 1977 – Ladrillos Cerámicos Requisitos* [en línea]. Quito – Ecuador: 1977. [Consulta: 31 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/297.pdf>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *NTE INEN 317:1978 – Coordinación modular de la construcción, dimensiones modulares de ladrillos cerámicos* [en línea]. [Consulta: 12 diciembre 202]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_317.pdf

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *NTE INEN 308:1977 – Coordinación modular de la construcción, bases, terminología, simbología y condiciones generales* [en línea]. [Consulta: 12 diciembre 202]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_308-1.pdf

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. *NTE INEN 294 – Ladrillos cerámicos – Determinación de la resistencia a la compresión* [en línea]. 1977. [Consulta: 25 enero 2023]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/294.pdf>

MN DEL GOLFO. *Tipos de ladrillos y sus usos* [blog]. MN del Golfo, 2022. [Consulta: 31 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.mndelgolfo.com/blog/reportaje/tipos-de-ladrillos-y-sus-usos/>

NIÑO, Sandy. *Arcillas y sus aplicaciones industriales* [blog]. Prezi, 09 noviembre 2013. [Consulta: 25 octubre 2022]. Disponible en: https://prezi.com/j4_pdxji88zl/arcillas-y-sus-aplicaciones-industriales/

PÉREZ PORTO, Julián & GARDEY, Ana. *Definición de ladrillo* [blog]. Definición de, 2014. [Consulta: 26 octubre 2022]. Disponible en: <https://definicion.de/ladrillo/>

PORRAS VELÁZQUEZ, Alberto. *Diplomado en análisis de información geoespacial: Tipos de muestreo* [blog]. Centro Público de Investigación CONACYT. 2015, p. 2. [Consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/163/1/19-Tipos%20de%20Muestreo%20-%20Diplomado%20en%20An%20lisis%20de%20Informaci%20n%20Geoespacial.pdf>

QUIMINET. *Clasificación de las arcillas* [blog]. 20 junio 2006. [Consulta: 24 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/clasificacion-de-las-arcillas-2561507.htm>

ROMERO COYAGO, Johanna Alexandra. “Determinación de la resistencia a compresión de ladrillos macizos fabricados con diferentes tipos de arcilla del cantón pastaza y su comparación con el ladrillo común” (Proyecto experimental) (Pregrado) [en línea]. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil. Ambato – Ecuador, 2021, p. 14. [Consulta: 05 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33092/1/Tesis%20I.%20C.%201488%20-%20Romero%20Coyago%20Johanna%20Alexandra.pdf>

TENESACA ZHAGUI, Elsa Paola. Caracterización de arcillas y pastas usadas en la elaboración artesanal de ladrillos en la parroquia Susudel y su optimización para la fabricación de ladrillos para recubrimiento de pisos (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería Química, Cuenca – Ecuador, 2019, p. 1. [Consulta: 17 octubre 2022]. Disponible en:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31735/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

SANTOS AMADO, José Darío. “Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región Barichara, Santander” [en línea]. Universidad Industrial de Santander, 2009. [Consulta: 05 octubre 2022]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25762/39346#:~:text=La%20arcilla%20%22Roja%22%20por%20su,fabricaci%C3%B3n%20de%20ladrillos%20de%20construcci%C3%B3n.>



ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN Y ETIQUETADO EN CADA PUNTO DE MUESTREO.









ANEXO B: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ROJAS PARA EL USO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS, DENTRO DEL SECTOR TIMBIANA, MORONA SANTIAGO. CÓDIGO: P1M1020222611 ENSAYADO POR: Jefferso n. M.

| | | | | | |
|---------------|------------------------------------|--------------|-------------------|------------------|------------|
| LOCALIZACIÓN: | Sector Timbiana | MUESTRA: | N°01 Arcilla roja | FECHA DE TOMA: | 26/11/2022 |
| USO: | FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANAL | PROFUNDIDAD: | 0,45 cm | FECHA DE ENSAYO: | 19/12/2022 |

ENSAYOS DE
CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM
D422)

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RET. PARCIAL | PESO RET. ACUMULADO | % RETENIDO | % QUE PASA | % ESPECIFICADO |
|-------|------------------|-------------------|---------------------|------------|------------|----------------|
| N°4 | 4.75 | - | - | - | 100.00 | |
| N°8 | 2.36 | 0.8 | 0.8 | 0.13 | 99.87 | |
| N°10 | 2.00 | 0.4 | 1.2 | 0.20 | 99.80 | |
| N°12 | 1.70 | 0.6 | 1.8 | 0.29 | 99.71 | |
| N°16 | 1.18 | 1.8 | 3.6 | 0.59 | 99.41 | |
| N°20 | 0.85 | 2.0 | 5.6 | 0.91 | 99.09 | |
| N°30 | 0.60 | 2.0 | 7.6 | 1.24 | 98.76 | |
| N°40 | 0.425 | 3.4 | 11.0 | 1.79 | 98.21 | |
| N°50 | 0.30 | 3.2 | 14.2 | 2.31 | 97.69 | |
| N°60 | 0.25 | 2.4 | 16.6 | 2.70 | 95.51 | |
| N°80 | 0.18 | 4.8 | 21.4 | 3.48 | 94.73 | |
| N°100 | 0.15 | 4.6 | 26.0 | 4.23 | 93.98 | |

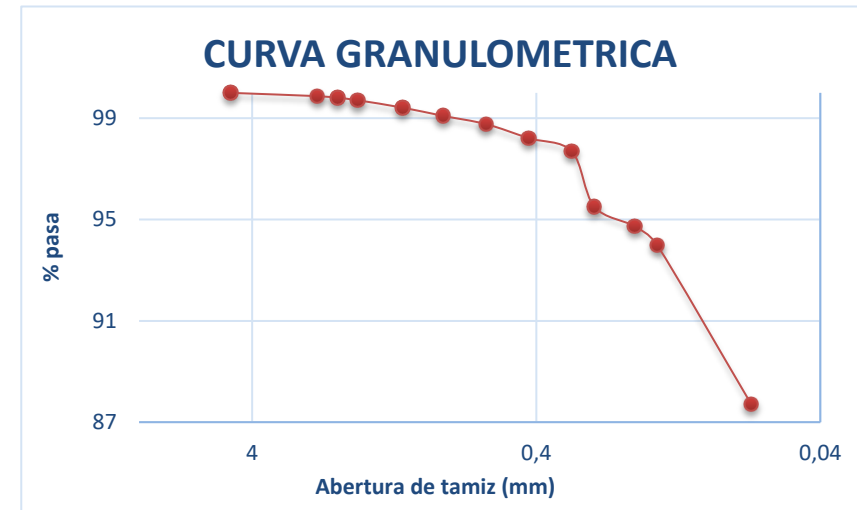
HUMEDAD NATURAL SATURADA (ASTM D2216)

| p | N° | PESO HUMEDO | PESO SECO | PESO TARRO | % DE HUMEDAD | % PROMEDIO |
|------------------------------|---------|-------------|-----------|------------|--------------|------------|
| TARRO | GOL PES | | | | | |
| 25 | | 153.20 | 127.20 | 28.38 | 26.31 | |
| 26 | | 146.80 | 122.00 | 28.03 | 26.39 | 26.35 |
| LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 33 | 34 | 47.60 | 41.80 | 28.27 | 42.87 | |
| 34 | 25 | 51.20 | 44.40 | 28.86 | 43.76 | |
| 35 | 18 | 52.40 | 44.40 | 26.44 | 44.54 | |
| | | | | | | 43.72 |
| LIMITE PLASTICO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 37 | | 16.80 | 16.00 | 13.50 | 32.00 | |
| 38 | | 14.20 | 13.40 | 10.57 | 28.27 | |
| | | | | | | 30.13 |

| | | | | | |
|--------------|------|------|--------------|-------|--------------|
| N°200 | 0.07 | 49.6 | 75.6 | 12.29 | 87.71 |
| < N°200 | | | 539.4 | 87.71 | |
| TOTAL | | | 615.0 | | |

PESO ANTES DEL LAVADO= 615.00 gr
PESO DESPUES DEL LAVADO= 75.60 gr

| | |
|--------------|---------------|
| ÁRIDO | 0.0 % |
| GRAVA | 12.3 % |
| ARENA | 87.7 % |



| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| CLASIFICACION: | |
| SUCS | ML o OL |
| AASTHO | A-7 (suelos arcillosos) |
| HUMEDAD NATURAL: | 26.35 % |
| LIMITE LIQUIDO: | 43.72 % |
| LIMITE PLASTICO: | 30.13 |
| INDICE PLASTICO: | 13.59 |
| INDICE DE GRUPO: | 14 |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ROJAS PARA EL
USO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS, DENTRO
DEL SECTOR TIMBIANA, MORONA SANTIAGO.

CÓDIGO: P2M1020222611

ENSAYADO: Jefferso
POR: n. M.

| | | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|------------|
| LOCALIZACIÓN: | Sector Timbiana | MUESTRA: | N°02 Arcilla roja | FECHA DE TOMA: | 26/11/2022 |
| USO: | FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANAL | PROFUNDIDAD: | 0,50 cm | FECHA DE ENSAYO: | 20/12/2022 |

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

| TAMIZ | ABERTURA | PESO RET. | PESO RET. | % | % | % |
|-------|----------|-----------|-----------|----------|----------|--------------|
| | (mm) | PARCIAL | ACUMULADO | RETENIDO | QUE PASA | ESPECIFICADO |
| N°3/8 | 9.5 | - | - | - | 100.00 | |
| N°4 | 4.75 | 6.6 | 6.6 | 0.92 | 99.08 | |
| N°8 | 2.36 | 3.6 | 10.2 | 1.41 | 98.59 | |
| N°10 | 2.00 | 1.0 | 11.2 | 1.55 | 98.45 | |
| N°12 | 1.70 | 1.0 | 12.2 | 1.69 | 98.31 | |
| N°16 | 1.18 | 1.8 | 14.0 | 1.94 | 98.06 | |
| N°30 | 0.60 | 5.0 | 19.0 | 2.64 | 97.36 | |
| N°40 | 0.425 | 6.2 | 25.2 | 3.50 | 96.50 | |
| N°50 | 0.30 | 9.2 | 34.4 | 4.77 | 95.23 | |
| N°60 | 0.25 | 5.0 | 39.4 | 5.46 | 91.04 | |
| N°80 | 0.18 | 14.2 | 53.6 | 7.43 | 89.07 | |
| N°100 | 0.15 | 10.4 | 64.0 | 8.88 | 87.63 | |
| N°200 | 0.07 | 118.4 | 182.4 | 25.30 | 74.70 | |

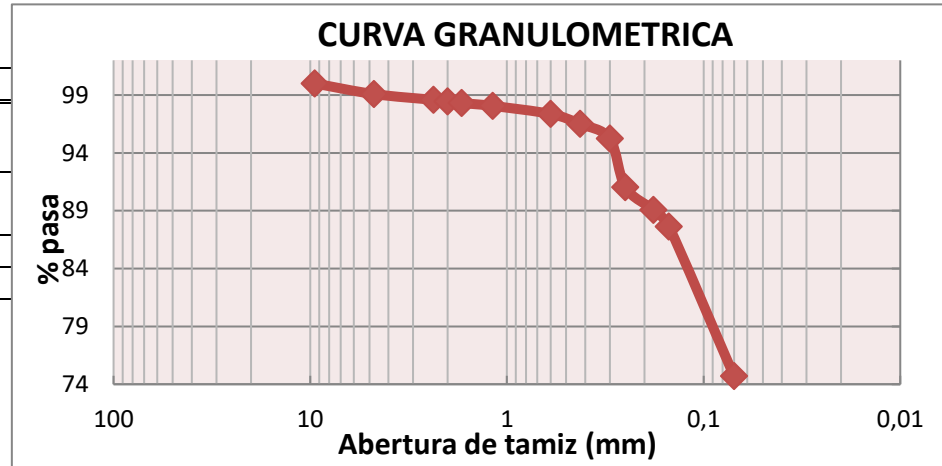
HUMEDAD NATURAL SATURADA (ASTM D2216)

| p | N° | PESO | PESO | PESO | % | % |
|-------------------------------------|---------|--------|--------|-------|------------|----------|
| TARRO | GOL PES | HUMEDO | SECO | TARRO | DE HUMEDAD | PROMEDIO |
| 37 | | 170.00 | 144.40 | 27.39 | 21.88 | |
| 38 | | 170.00 | 149.80 | 27.58 | 16.53 | 19.20 |
| LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 37 | 32 | 51.80 | 46.00 | 27.39 | 31.17 | |
| 38 | 23 | 52.00 | 46.00 | 27.58 | 32.57 | |
| 39 | 18 | 50.80 | 45.00 | 27.66 | 33.45 | |
| | | | | | | 32.40 |
| LIMITE PLASTICO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 43 | | 15.00 | 14.40 | 10.61 | 15.83 | |
| 44 | | 18.20 | 17.60 | 13.97 | 16.53 | |
| | | | | | | 16.18 |

| | | | | | |
|--------------|--|--------------|-------|--|--|
| < N°200 | | 538.6 | 74.70 | | |
| TOTAL | | 721.0 | | | |

PESO ANTES DEL LAVADO= 721.00 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 182.40 gr

| | |
|--------------|---------------|
| ÁRIDO | 0.0 % |
| GRAVA | 25.3 % |
| ARENA | 74.7 % |



| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| CLASIFICACION: | |
| SUCS | CL (Arcillas inorgánicas) |
| AASTHO | A-6 (suelos arcillosos) |
| HUMEDAD NATURAL: | 19.20 % |
| LIMITE LIQUIDO: | 32.40 % |
| LIMITE PLASTICO: | 16.18 |
| INDICE PLASTICO: | 16.22 |
| INDICE DE GRUPO: | 10 |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ROJAS PARA EL
USO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS, DENTRO
DEL SECTOR TIMBIANA, MORONA SANTIAGO.

CÓDIGO: P3M1020222611

ENSAYADO: Jefferso
POR: n. M.

| | | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|------------|
| LOCALIZACIÓN: | Sector Timbiana | MUESTRA: | N°03 Arcilla roja | FECHA DE TOMA: | 26/11/2022 |
| USO: | FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANAL | PROFUNDIDAD: | 0,50 cm | FECHA DE ENSAYO: | 22/12/2022 |

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

| TAMIZ | ABERTURA | PESO RET. | PESO RET. | % | % | % |
|-------|----------|-----------|-----------|----------|----------|--------------|
| | (mm) | PARCIAL | ACUMULADO | RETENIDO | QUE PASA | ESPECIFICADO |
| N°3/8 | 9.5 | - | - | - | 100.00 | |
| N°4 | 4.75 | 1.8 | 1.8 | 0.32 | 99.68 | |
| N°8 | 2.36 | 0.6 | 2.4 | 0.42 | 99.58 | |
| N°10 | 2.00 | 0.4 | 2.8 | 0.49 | 99.51 | |
| N°12 | 1.70 | 0.6 | 3.4 | 0.60 | 99.40 | |
| N°16 | 1.18 | 0.8 | 4.2 | 0.74 | 99.26 | |
| N°20 | 0.85 | 1.2 | 5.4 | 0.95 | 99.05 | |
| N°40 | 0.425 | 2.4 | 7.8 | 1.37 | 98.63 | |
| N°50 | 0.30 | 1.6 | 9.4 | 1.65 | 98.35 | |
| N°60 | 0.25 | 0.8 | 10.2 | 1.79 | 96.84 | |
| N°80 | 0.18 | 2.2 | 12.4 | 2.18 | 96.46 | |
| N°100 | 0.15 | 1.4 | 13.8 | 2.42 | 96.21 | |
| N°200 | 0.07 | 21.0 | 34.8 | 6.11 | 93.89 | |

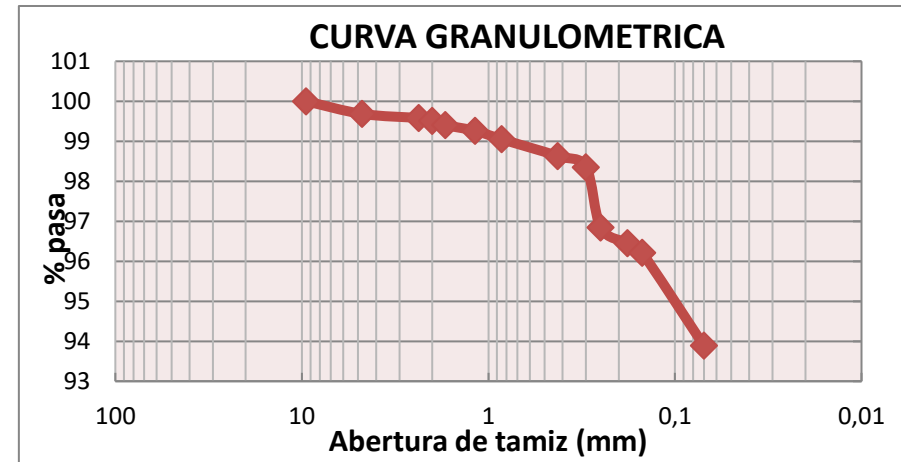
HUMEDAD NATURAL SATURADA (ASTM D2216)

| p | N° | PESO | PESO | PESO | % | % |
|-------------------------------------|---------|--------|--------|-------|------------|----------|
| TARRO | GOL PES | HUMEDO | SECO | TARRO | DE HUMEDAD | PROMEDIO |
| 21 | | 173.20 | 140.80 | 28.20 | 28.77 | |
| 22 | | 180.60 | 146.40 | 27.93 | 28.87 | 28.82 |
| LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 34 | 35 | 48.60 | 42.60 | 28.86 | 43.67 | |
| 35 | 28 | 48.20 | 41.40 | 26.44 | 45.45 | |
| 36 | 19 | 50.80 | 43.40 | 28.06 | 48.24 | |
| | | | | | | 46.30 |
| LIMITE PLASTICO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 37 | | 17.00 | 16.40 | 13.50 | 20.69 | |
| 38 | | 14.00 | 13.40 | 10.57 | 21.20 | |
| | | | | | | 20.95 |

| | | | | | |
|--------------|--|--------------|-------|--|--|
| < N°200 | | 535.2 | 93.89 | | |
| TOTAL | | 570.0 | | | |

PESO ANTES DEL LAVADO= 570.00 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 34.80 gr

| | |
|--------------|---------------|
| ÁRIDO | % |
| GRAVA | 0.0 % |
| ARENA | 6.1 % |
| FINOS | 93.9 % |



| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| CLASIFICACION: | |
| SUCS | CL (Arcillas inorgánicas) |
| AASTHO | A-7 (suelos arcillosos) |
| HUMEDAD NATURAL: | 28.82 % |
| LIMITE LIQUIDO: | 46.30 % |
| LIMITE PLASTICO: | 20.95 |
| INDICE PLASTICO: | 25.35 |
| INDICE DE GRUPO: | 26 |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ROJAS PARA EL
USO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS, DENTRO
DEL SECTOR TIMBIANA, MORONA SANTIAGO.

CÓDIGO: P4M1020222611

ENSAYADO: Jefferso
POR: n. M.

| | | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|------------|
| LOCALIZACIÓN: | Sector Timbiana | MUESTRA: | N°04 Arcilla roja | FECHA DE TOMA: | 26/11/2022 |
| USO: | FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANAL | PROFUNDIDAD: | 0,40 cm | FECHA DE ENSAYO: | 22/12/2022 |

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

| TAMIZ | ABERTURA | PESO RET. | PESO RET. | % | % | % |
|-------|----------|-----------|-----------|----------|----------|--------------|
| | (mm) | PARCIAL | ACUMULADO | RETENIDO | QUE PASA | ESPECIFICADO |
| N°3/8 | 9.5 | - | - | - | 100.00 | |
| N°4 | 4.75 | 16.0 | 16.0 | 3.06 | 96.94 | |
| N°8 | 2.36 | 10.2 | 26.2 | 5.01 | 94.99 | |
| N°10 | 2.00 | 2.2 | 28.4 | 5.43 | 94.57 | |
| N°12 | 1.70 | 2.4 | 30.8 | 5.89 | 94.11 | |
| N°16 | 1.18 | 2.0 | 32.8 | 6.27 | 93.73 | |
| N°20 | 0.85 | 3.6 | 36.4 | 6.96 | 93.04 | |
| N°40 | 0.425 | 10.0 | 46.4 | 8.87 | 91.13 | |
| N°50 | 0.30 | 7.0 | 53.4 | 10.21 | 89.79 | |
| N°60 | 0.25 | 3.4 | 56.8 | 10.86 | 80.27 | |
| N°80 | 0.18 | 8.8 | 65.6 | 12.54 | 78.59 | |
| N°100 | 0.15 | 5.8 | 71.4 | 13.65 | 77.48 | |
| N°200 | 0.07 | 47.4 | 118.8 | 22.72 | 77.28 | |

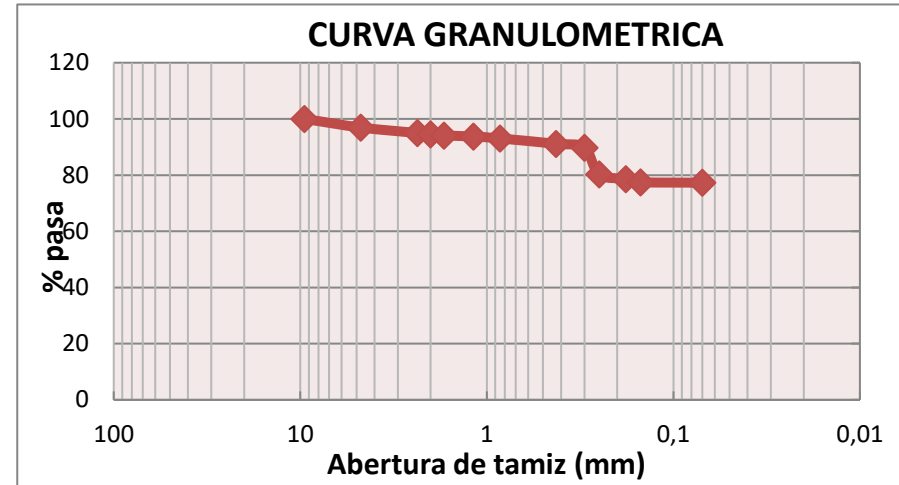
HUMEDAD NATURAL SATURADA (ASTM D2216)

| p | N° | PESO | PESO | PESO | % | % |
|-------------------------------------|---------|---------|--------|-------|-------------|----------|
| TARRO | GOL PES | HUM EDO | SECO | TARRO | DE HUMEDA D | PROMEDIO |
| 30 | | 168.20 | 136.80 | 27.03 | 28.61 | |
| 31 | | 183.20 | 150.60 | 27.23 | 26.42 | 27.51 |
| LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 25 | 31 | 51.60 | 45.60 | 28.38 | 34.84 | |
| 26 | 23 | 51.80 | 45.40 | 28.03 | 36.85 | |
| 27 | 16 | 54.80 | 47.40 | 28.02 | 38.18 | |
| | | | | | | 36.10 |
| LIMITE PLASTICO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 28 | | 17.6 | 16.80 | 13.33 | 23.05 | |
| 29 | | 17.8 | 17.00 | 13.42 | 22.35 | |
| | | | | | | 22.70 |

| | | | | | |
|--------------|--|--------------|-------|--|--|
| < N°200 | | 404.2 | 77.28 | | |
| TOTAL | | 523.0 | | | |

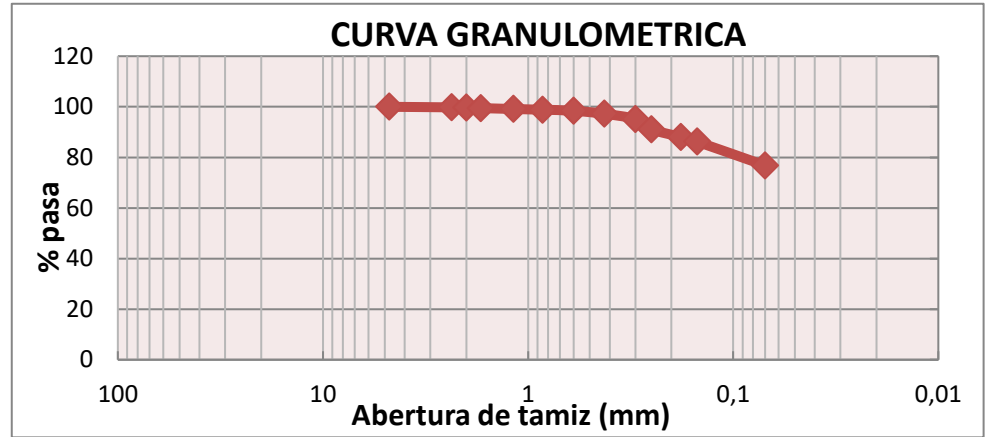
PESO ANTES DEL LAVADO= 523.00 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 118.80 gr

| | |
|--------------|---------------|
| ÁRIDO | 0 % |
| GRAVA | 0.0 % |
| ARENA | 22.7 % |
| FINOS | 77.3 % |



| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| CLASIFICACION: | |
| SUCS | CL (Arcillas inorgánicas) |
| AASTHO | A-6 (suelos arcillosos) |
| HUMEDAD NATURAL: | 27.51 % |
| LIMITE LIQUIDO: | 36.10 % |
| LIMITE PLASTICO: | 22.70 |
| INDICE PLASTICO: | 13.40 |
| INDICE DE GRUPO: | 10 |

| | | | | | |
|--|--|--------------|----|--|---------------|
| | | 619.0 | | | |
| | | 619.00 | gr | | ÁRIDO |
| | | 143.60 | gr | | GRAVA |
| | | | | | ARENA |
| | | | | | FINOS |
| | | | | | 0.0 % |
| | | | | | 23.2 % |
| | | | | | 76.8 % |



| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| CLASIFICACION: | |
| SUCS | CL (Arcillas inorgánicas) |
| AASTHO | A-6 (suelos arcillosos) |
| HUMEDAD | |
| NATURAL: | 24.73 % |
| LIMITE | |
| LIQUIDO: | 28.11 % |
| LIMITE PLASTICO: | 17.07 |
| INDICE PLASTICO: | 11.04 |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ROJAS PARA EL
USO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS, DENTRO
DEL SECTOR TIMBIANA, MORONA SANTIAGO.

CÓDIGO: P6M1020222611

ENSAYADO: Jefferso
POR: n. M.

| | | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|------------|
| LOCALIZACIÓN: | Sector Timbiana | MUESTRA: | N°06 Arcilla roja | FECHA DE TOMA: | 26/11/2022 |
| USO: | FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANAL | PROFUNDIDAD: | 0,50 cm | FECHA DE ENSAYO: | 22/12/2022 |

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

| TAMIZ | ABERTURA | PESO RET. | PESO RET. | % | % | % |
|-------|----------|-----------|-----------|----------|----------|--------------|
| | (mm) | PARCIAL | ACUMULADO | RETENIDO | QUE PASA | ESPECIFICADO |
| N°3/8 | 9.5 | - | - | - | 100.00 | |
| N°4 | 4.75 | 3.4 | 3.4 | 0.59 | 99.41 | |
| N°8 | 2.36 | 7.4 | 10.8 | 1.88 | 98.12 | |
| N°10 | 2.00 | 1.8 | 12.6 | 2.20 | 97.80 | |
| N°12 | 1.70 | 2.0 | 14.6 | 2.55 | 97.45 | |
| N°16 | 1.18 | 3.4 | 18.0 | 3.14 | 96.86 | |
| N°20 | 0.85 | 3.8 | 21.8 | 3.80 | 96.20 | |
| N°40 | 0.425 | 7.4 | 29.2 | 5.10 | 94.90 | |
| N°50 | 0.30 | 4.6 | 33.8 | 5.90 | 94.10 | |
| N°60 | 0.25 | 4.0 | 37.8 | 6.60 | 88.31 | |
| N°80 | 0.18 | 6.8 | 44.6 | 7.78 | 87.12 | |
| N°100 | 0.15 | 4.4 | 49.0 | 8.55 | 86.35 | |
| N°200 | 0.07 | 51.0 | 100.0 | 17.45 | 82.55 | |

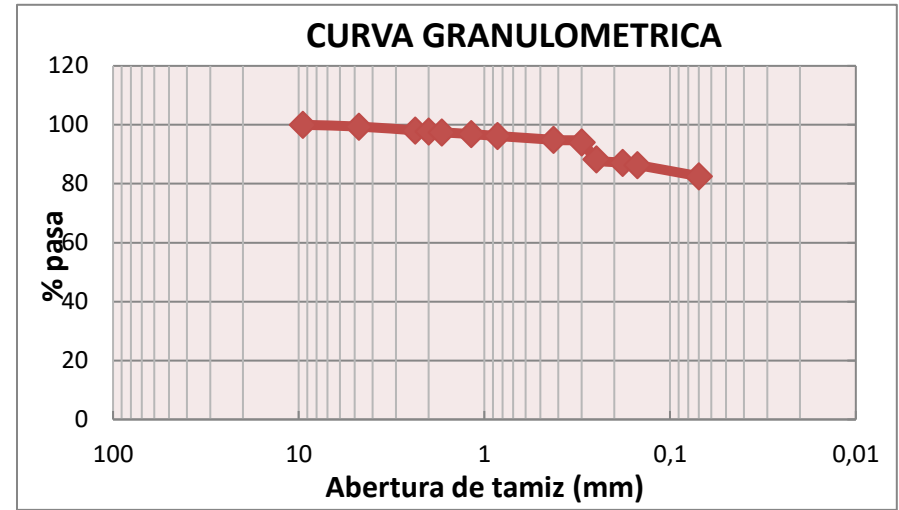
HUMEDAD NATURAL SATURADA (ASTM D2216)

| p | N° | PESO | PESO | PESO | % | % |
|-------------------------------------|---------|--------|--------|-------|------------|----------|
| TARRO | GOL PES | HUMEDO | SECO | TARRO | DE HUMEDAD | PROMEDIO |
| 28 | | 177.40 | 140.80 | 28.46 | 32.58 | |
| 29 | | 180.40 | 141.80 | 26.61 | 33.51 | 33.04 |
| LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 23 | 31 | 53.80 | 46.40 | 27.52 | 39.19 | |
| 30 | 25 | 51.20 | 44.20 | 27.03 | 40.77 | |
| 31 | 17 | 48.00 | 41.60 | 26.64 | 42.78 | |
| | | | | | | 40.91 |
| LIMITE PLASTICO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 35 | | 18.2 | 17.20 | 13.67 | 28.33 | |
| 36 | | 18.8 | 17.60 | 13.74 | 31.09 | |
| | | | | | | 29.71 |

| | | | | | |
|--------------|--|--------------|-------|--|--|
| < N°200 | | 473.0 | 82.55 | | |
| TOTAL | | 573.0 | | | |

PESO ANTES DEL LAVADO= 573.00 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 100.00 gr

| | |
|---------------|---------------|
| ÁRID O | % |
| GRAV A | 0.0 % |
| ARENA | 17.5 % |
| FINOS | 82.5 % |



| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| CLASIFICACION: | |
| SUCS | ML o OL |
| AASTHO | A-7 (suelos arcillosos) |
| HUMEDAD | |
| NATURAL: | 33.04 % |
| LIMITE | |
| LIQUIDO: | 40.91 % |
| LIMITE | |
| PLASTICO: | 29.71 |
| INDICE | |
| PLASTICO: | 11.21 |
| INDICE DE | |
| GRUPO: | 11 |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ROJAS PARA EL
USO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS, DENTRO
DEL SECTOR TIMBIANA, MORONA SANTIAGO.

CÓDIGO: P7M1020222611

ENSAYADO: Jefferso
POR: n. M.

| | | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|------------|
| LOCALIZACIÓN: | Sector Timbiana | MUESTRA: | N°07 Arcilla roja | FECHA DE TOMA: | 26/11/2022 |
| USO: | FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANAL | PROFUNDIDAD: | 0,50 cm | FECHA DE ENSAYO: | 22/12/2022 |

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

| TAMIZ | ABERTURA | PESO RET. | PESO RET. | % | % | % |
|-------|----------|-----------|-----------|----------|----------|--------------|
| | (mm) | PARCIAL | ACUMULADO | RETENIDO | QUE PASA | ESPECIFICADO |
| N°4 | 4.75 | - | - | - | 100.00 | |
| N°8 | 2.36 | 1.6 | 1.6 | 0.28 | 99.72 | |
| N°10 | 2.00 | 0.8 | 2.4 | 0.43 | 99.57 | |
| N°12 | 1.70 | 1.2 | 3.6 | 0.64 | 99.36 | |
| N°16 | 1.18 | 3.4 | 7.0 | 1.24 | 98.76 | |
| N°20 | 0.85 | 3.8 | 10.8 | 1.91 | 98.09 | |
| N°30 | 0.60 | 3.8 | 14.6 | 2.59 | 97.41 | |
| N°40 | 0.425 | 4.8 | 19.4 | 3.44 | 96.56 | |
| N°50 | 0.30 | 5.8 | 25.2 | 4.47 | 95.53 | |
| N°60 | 0.25 | 3.0 | 28.2 | 5.00 | 91.56 | |
| N°80 | 0.18 | 6.6 | 34.8 | 6.17 | 90.39 | |
| N°100 | 0.15 | 5.8 | 40.6 | 7.20 | 89.36 | |
| N°200 | 0.07 | 54.2 | 94.8 | 16.81 | 83.19 | |

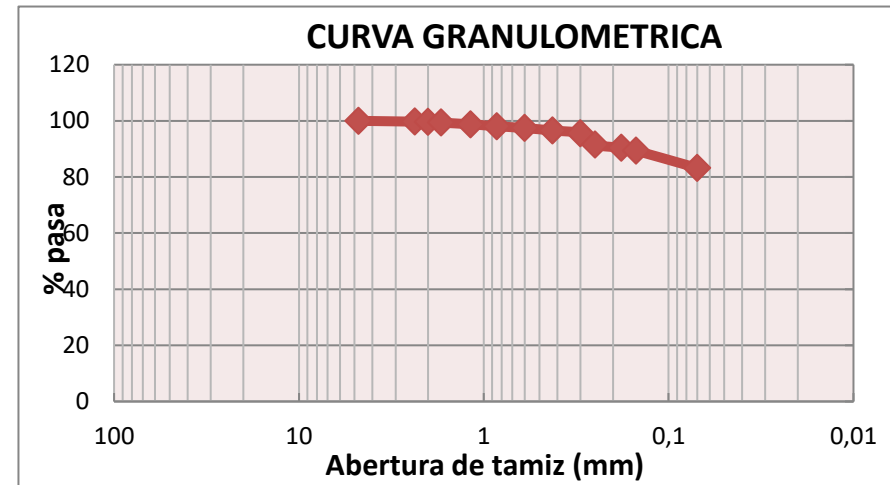
HUMEDAD NATURAL SATURADA (ASTM D2216)

| p | N° | PESO | PESO | PESO | % | % |
|-------------------------------------|---------|--------|--------|-------|------------|----------|
| TARRO | GOL PES | HUMEDO | SECO | TARRO | DE HUMEDAD | PROMEDIO |
| 43 | | 178.00 | 145.00 | 27.09 | 27.99 | |
| 44 | | 172.80 | 140.80 | 29.09 | 28.65 | 28.32 |
| LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 32 | 34 | 55.00 | 47.60 | 26.79 | 35.56 | |
| 33 | 27 | 53.80 | 47.00 | 28.27 | 36.31 | |
| 34 | 21 | 52.60 | 46.00 | 28.86 | 38.51 | |
| | | | | | | 36.79 |
| LIMITE PLASTICO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 27 | | 18.20 | 17.20 | 13.39 | 26.25 | |
| 28 | | 18.20 | 17.20 | 13.33 | 25.84 | |
| | | | | | | 26.04 |

| | | | | | |
|--------------|--|--------------|-------|--|--|
| < N°200 | | 469.2 | 83.19 | | |
| TOTAL | | 564.0 | | | |

PESO ANTES DEL LAVADO= 564.00 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 94.80 gr

| | |
|---------------|---------------|
| ÁRID O | % |
| GRAV A | 0.0 % |
| ARENA | 16.8 % |
| FINOS | 83.2 % |



| | |
|-----------------------|-----------------------------|
| CLASIFICACION: | |
| SUCS | ML o OL |
| AASTHO | A-4 (suelos limosos) |
| HUMEDAD NATURAL: | 28.32 % |
| LIMITE LIQUIDO: | 36.79 % |
| LIMITE PLASTICO: | 26.04 |
| INDICE PLASTICO: | 10.75 |
| INDICE DE GRUPO: | 9 |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ROJAS PARA EL
USO DE FABRICACIÓN DE LADRILLOS, DENTRO
DEL SECTOR TIMBIANA, MORONA SANTIAGO.

CÓDIGO: P8M1020222611

ENSAYADO: Jefferso
POR: n. M.

| | | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|------------|
| LOCALIZACIÓN: | Sector Timbiana | MUESTRA: | N°08 Arcilla roja | FECHA DE TOMA: | 26/11/2022 |
| USO: | FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANAL | PROFUNDIDAD: | 0,50 cm | FECHA DE ENSAYO: | 27/12/2022 |

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

| TAMIZ | ABERTURA | PESO RET. | PESO RET. | % | % | % |
|-------|----------|-----------|-----------|----------|----------|--------------|
| | (mm) | PARCIAL | ACUMULADO | RETENIDO | QUE PASA | ESPECIFICADO |
| N°4 | 4.75 | - | - | - | 100.00 | |
| N°8 | 2.36 | 8.0 | 8.0 | 1.67 | 98.33 | |
| N°10 | 2.00 | 1.4 | 9.4 | 1.96 | 98.04 | |
| N°12 | 1.70 | 1.4 | 10.8 | 2.25 | 97.75 | |
| N°16 | 1.18 | 3.2 | 14.0 | 2.92 | 97.08 | |
| N°20 | 0.85 | 4.2 | 18.2 | 3.79 | 96.21 | |
| N°30 | 0.60 | 5.2 | 23.4 | 4.88 | 95.13 | |
| N°40 | 0.425 | 6.8 | 30.2 | 6.29 | 93.71 | |
| N°50 | 0.30 | 7.6 | 37.8 | 7.88 | 92.13 | |
| N°60 | 0.25 | 4.0 | 41.8 | 8.71 | 85.00 | |
| N°80 | 0.18 | 9.6 | 51.4 | 10.71 | 83.00 | |
| N°100 | 0.15 | 7.4 | 58.8 | 12.25 | 81.46 | |
| N°200 | 0.07 | 47.4 | 106.2 | 22.13 | 77.88 | |

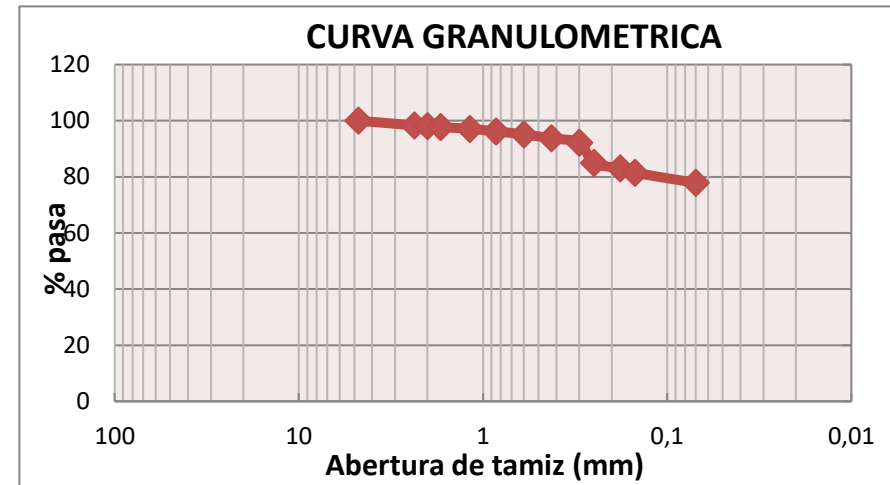
HUMEDAD NATURAL SATURADA (ASTM D2216)

| p | N° | PESO | PESO | PESO | % | % |
|-------------------------------------|---------|---------|--------|-------|-------------|-----------|
| TARRO | GOL PES | HUM EDO | SECO | TARRO | DE HUMEDA D | PROME DIO |
| 25 | | 163.00 | 124.00 | 26.79 | 40.12 | |
| 26 | | 171.20 | 131.20 | 28.27 | 38.86 | 39.49 |
| LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 42 | 33 | 48.80 | 41.60 | 26.02 | 46.21 | |
| 43 | 26 | 50.80 | 43.20 | 27.09 | 47.18 | |
| 44 | 19 | 52.80 | 45.00 | 29.09 | 49.03 | |
| | | | | | | 47.47 |
| LIMITE PLASTICO (ASTM D4318) | | | | | | |
| 31 | | 15.00 | 13.80 | 10.66 | 38.22 | |
| 32 | | 19.00 | 17.60 | 13.48 | 33.98 | |
| | | | | | | 36.10 |

| | | | | | | |
|--------------|--|--|--------------|-------|--|--|
| < N°200 | | | 373.8 | 77.88 | | |
| TOTAL | | | 480.0 | | | |

PESO ANTES DEL LAVADO= 480.00 gr
 PESO DESPUES DEL LAVADO= 106.20 gr

| | |
|---------------|---------------|
| ÁRID O | % |
| GRAV A | 0.0 % |
| ARENA | 22.1 % |
| FINOS | 77.9 % |



| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| CLASIFICACION: | |
| SUCS | ML o OL |
| AASTHO | A-6 (suelos arcillosos) |
| HUMEDAD NATURAL: | 39.49 % |
| LIMITE LIQUIDO: | 47.47 % |
| LIMITE PLASTICO: | 36.10 |
| INDICE PLASTICO: | 11.37 |
| INDICE DE GRUPO: | 11 |



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 21 / 06 / 2023

| |
|--|
| INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S) |
| Nombres – Apellidos: Jefferson Gustavo Marín Barrera |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: Recursos Naturales |
| Carrera: Minas |
| Título a optar: Ingeniero en Minas |
| f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz |

Ing. Cristhian Fernando Castillo



1007-DBRA-UTP-2023