Instituto Tecnológico Superior de Abasolo

Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Guanajuato.

Producción de ladrillo en Abasolo, Gto: estandarización de la mezcla de arcillas

Tesis profesional que para obtener el título de:

Ingeniero Ambiental

Presenta:

Karla Naomi Cuevas Santillán

Director de Tesis:

M. en E. Erick Rodolfo López Almanza

Codirector de Tesis:

Dr. Jesús Ignacio Castro Salazar

ABASOLO, GTO. 05/08/2022

Autorización de presentación de trabajo de titulación

Se autoriza al estudiante **Karla Naomi Cuevas Santillán** inscrito en la carrera de Ing. Ambiental del Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, con número de control **AS18110060**, a defender su proyecto de trabajo de titulación **"Producción de ladrillo en Abasolo, Gto: estandarización de la mezcla de arcillas"** ante el comité sinodal asignado.

La presente se expide en Abasolo Guanajuato a los 05 de agosto de 2022.

_____

M. en E. Erick Rodolfo López Almanza

Presidente del sínodo

_____

Dr. Jesús Ignacio Castro Salazar

Secretario del sínodo

_____

Dr. Carlos Alberto González Razo

Vocal del sínodo

Dedicatorias

Hago una mención especial y con mucho cariño a mi abuelita Ma. Luz Martínez Medina porque a pesar de ya no estar presente, me dejo el legado de que no debo rendirme por más difícil que se pueda poner la vida. Le dedico el arduo trabajo con todo el corazón y amor del mundo a ella, que fue una gran guerrera. Con mucho amor hasta el cielo.

Bien se dice que la familia son los mejores amigos y compañeros que la vida te otorga. En este gran e importante camino, que fue mi formación profesional, confirmé que ellos me dieron ese gran apoyo incondicional y una fuente de amor abundante. Este proyecto también es para ellos, dedicado con todo mi amor.

.

Agradecimientos

Este espacio es para agradecer de manera muy especial a mis papás, Elizabeth Santillán Martínez y José Cuevas Guerra, quienes además de ser mis tutores, son un gran ejemplo a seguir, son personas con gran carácter, lo cual me ayudó mucho a no rendirme, ya que en cada etapa de mi educación me han alentado a seguir adelante, me han enseñado a que en los momentos de tormenta uno como persona debe ser su propio arcoíris ya que de esa manera se puede lograr buscar mejoras y abrir los ojos para poder terminar lo que se empezó. Son mis mejores amigos, y me llena de orgullo el poder decirlo, amigos fieles y leales, son amigos verdaderos, aquellos que sin querer me dejaron marcada como tatuaje la siguiente frase: “Trabaja duro y en silencio y deja que tú éxito haga el ruido”. Gracias, papás, porque en honor a esto, aprendí solo a trabajar y dejar que la siembra dé sus frutos. Gracias también por otorgarme aliento, pero sobre todo cada una de las comodidades que me dieron para poder concentrarme, por las herramientas necesitadas en el camino y por eliminarme hasta los más mínimos obstáculos en mi vida.

Seguidamente doy gracias a Dios porque a pesar de haber presentado dificultades de salud a lo largo de mi estancia como estudiante, me permitió ponerme de pie y me dio las fuerzas a través de mi familia, me mandó el amor necesario, y estoy aquí orgullosa de lo logrado. ¡Muchas gracias!

Pamela, hermana , de ti me llevo muchas cosas, pero sobre todo la frase “Disfruta hasta el más mínimo estrés, lo extrañarás”. Y es verdad, a estas alturas ya extraño ser estudiante, pero comprendo que es parte de la vida. Gracias por acompañarme en las noches de desvelo, por ayudarme y aclarar un poco parte de mi existencia. Gracias por ir un paso más adelante, esto me brindó muchos beneficios y adquirí conocimientos antes de lo debido gracias a tus experiencias en la vida.

Agradezco a mi hermano pequeño, Gabriel Sebastián por preocuparse por mí, gracias por traerme snacks para fortalecer mi memoria y no caer en el estrés, te

admiro por la manera en la que sabías alegrarme los días de manera sigilosa sin distraerme, por contarme tus anécdotas que me hacían reír, en pocas palabras, te agradezco por darme una risoterapia diaria.

En general agradezco a todos mis compañeros y amigos de clases por darme la oportunidad de conocerlos y por darme una fuente de conocimientos que me ayudó a crecer mejor como persona. Mauricio a ti en específico te agradezco por ser mi agonía escolar, pero por otros días, ser el mejor terapeuta que con tus ocurrencias y la forma de ver la vida, hacías que siguiera adelante, hoy voy a decirte que lo que más me gusto de todo esto, es que siempre te tenia a mi lado, como amigo, como colega, incluso como compañero de cuarto, estabas siempre presente que parecías vivir conmigo, gracias. Quiero expresar mediante unas palabras el gran afecto que te tengo Andy Luna, por permitirme entrar en tu vida y por cada una de las risas soltadas en los pasillos, fueron como darle un dulce a un niño porque en ese momento nos olvidábamos de todos alrededor, gracias por vivir conmigo las “choco aventuras” en estos últimos días.

Gracias M. en E. Erick Rodolfo López Almanza por haberme dado la oportunidad de trabajar con alguien a quien al instante me dio la impresión de que podíamos congeniar buenas ideas que dieran fruto en mi futuro profesional, gracias profe, me atrevo a decirle que para mí es una persona muy especial a la que admiro mucho. Además, usted se convirtió en un compañero que me dio calidez y consejos para seguir adelante, le agradezco por las risas compartidas que parecían que se reía de mí y no conmigo, sin embargo, son momentos que siempre llevare en mi memoria, además eso tuvo buenas consecuencias en mi persona. Reconozco que usted me ha hecho crecer no solo profesionalmente sino personalmente también, me llevo en el corazón todo lo compartido.

El interés por formar buenos profesionistas siempre lo caracterizó, gracias Dr. Jesús Ignacio Castro Salazar por orientarme cuando más perdida me sentía, por apoyarme, escucharme, aconsejarme y principalmente ser paciente en las situaciones más críticas de mi vida. El hecho de que usted me contradijera y estuviéramos discutiendo por el más mínimo desacuerdo dio en mí mucha

seguridad y hablando académicamente, usted fortaleció mi autoridad profesional con sus ejercicios mentales que me causaban ansiedad, sin embargo, agradezco que a pesar de las molestias que pude haberle causado siempre me daba un gesto de confianza.

En conjunto, agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Abasolo por abrirme las puertas y darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente dentro de sus instalaciones, asimismo, retribuyo el gran trabajo que llevan a cabo cada uno de los docentes dentro de las aulas y ser fuente de inspiración para cada uno de los alumnos. Gracias por compartir esos conocimientos académicos, experiencias personales y risas dentro y fuera del salón de clases.

Resumen

Uno de los sectores productivos de mayor arraigo en el estado de Guanajuato, es la industria ladrillera. Se sabe que en el estado operan 1400 hornos ladrilleros, de los cuales, 367 se ubican en el municipio de Abasolo. La producción de ladrillo en este municipio se realiza de manera artesanal y es la principal fuente de ingresos para gran parte de la población local. La fabricación de ladrillos hace uso de recursos naturales como materia prima y genera contaminantes, como gases de efecto invernadero, los cuales impactan al ambiente. Conocer la situación actual de la industria ladrillera se realizó mediante entrevistas, teniendo conocimiento de que la producción de ladrillos en Abasolo es realizada artesanalmente sin gestionar el desperdicio de materias primas. Es por esto que la estandarización de las mezclas de arcilla es necesaria para controlar mejor el uso de los recursos, principalmente la arcilla. Se realizaron análisis fisicoquímicos a las arcillas a utilizar, las cuales fueron proporcionadas por uno de los dueños de un horno ladrillero de la región. Los parámetros que se midieron fueron el pH, la conductividad, permeabilidad, color, densidad, humedad y porosidad siguiendo los procedimientos establecidos en la norma NOM-021-RECNAT-2000 y en el manual de técnicas de análisis de suelos, para el análisis de la conductividad se utilizó el procedimiento de determinación de conductividad indicado en el kit Hanna Instruments®. La preparación de la mezcla se realizó utilizando 5 materiales diferentes [plumas de aves (PL), cáscaras de huevo (CH), cemento (C), arcilla (AR), aserrín (AS)] obteniendo 5 combinaciones principales (AS-C-AR, CH-AS-AR, CH-PL-AR, C-PL-AR, AS-AR), se prepararon 3 ladrillos por cada mezcla formada siguiendo los pasos del proceso artesanal que se lleva a cabo en las ladrilleras del municipio de Abasolo, Guanajuato. Se aplicaron pruebas físicas a los ladrillos, las cuales fueron la prueba de caída y resistencia a la compresión, para medir la calidad del producto, haciendo una comparación con un ladrillo obtenido de forma tradicional de una de las ladrilleras del municipio. Resultando que la mezcla estandarizada de arcillas (3.5 kg de arcilla, 245 gr de aserrín y 1.650 L de agua)

fue la más idónea. La estandarización de mezclas permitirá mejorar la gestión y disponibilidad de las materias primas utilizadas, y forjará beneficios ambientales como la reducción en el consumo de agua, la preservación de suelos y el consumo responsable de las materias primas, creando una ventaja económica para los propietarios de los hornos ladrilleros, además, recomendando la innovación tecnológica utilizada dentro de la industria y promover la protección de los trabajadores para preservar su integridad física, concibe que los tres pilares del desarrollo sustentable (económico, ambiental y social) estén en proporción.

Palabras Clave: Ladrillo, actividad artesanal, industria ladrillera, mezcla de arcilla

Abstract

One of the most deeply rooted productive sectors in the state of Guanajuato is the brick industry. It is known that 1400 brick kilns operate in the state, of which 367 are located in the municipality of Abasolo. The production of brick in this municipality is carried out in an artisanal way and is the main source of income for a large part of the local population. The manufacture of bricks makes use of natural resources as raw material and generates pollutants, such as greenhouse gases, which impact the environment. Knowing the current situation of the brick industry was carried out through interviews, having knowledge that the production of bricks in Abasolo is carried out by hand without managing the waste of raw materials. This is why the standardization of clay mixtures is necessary to better control the use of resources, mainly clay. Physicochemical analyses were carried out on the clays to be used, which were provided by one of the owners of a brick kiln in the region. The parameters that were measured were pH, conductivity, permeability, color, density, humidity and porosity following the procedures established in the NOM-021-RECNAT-2000 standard and in the manual of soil analysis techniques, for the analysis of conductivity the conductivity determination procedure indicated in the Hanna Instruments® kit was used. The preparation of the mixture was made using 5 different materials [bird feathers (PL), eggshells (CH), cement (C), clay (AR), sawdust (AS)] obtaining 5 main combinations (AS-C-AR, CH-AS-AR, CH-PL-AR, C-PL-AR, AS-AR), 3 bricks were prepared for each mixture formed following the steps of the artisanal process that is carried out in the bricks of the municipality of Abasolo, Guanajuato. Physical tests were applied to the bricks, which were the drop and compressive strength test, to measure the quality of the product, making a comparison with a brick obtained in a traditional way from one of the bricks of the municipality. As a result, the standardized mixture of clays (3.5 kg of clay, 245 gr of sawdust and 1,650 L of water) was the most suitable. The standardization of mixtures will improve the management and availability of the raw materials used, and will forge environmental benefits such as the reduction in water consumption,

the preservation of soils and the responsible consumption of raw materials, creating an economic advantage for the owners of brick kilns, in addition, recommending the technological innovation used within the industry and promoting the protection of workers to preserve their physical integrity, conceives that the three pillars of sustainable development (economic, environmental and social) are in proportion.

Key Words: Brick, handicrafts, brick industry, clay mix

Índice

INTRODUCCIÓN 5

Capítulo 1: MARCO TEORICO 6

1.1 Industria ladrillera en el mundo 7

1.2 Industria ladrillera en México 8

1.3 Industria ladrillera en Guanajuato 9

1.4 Cambio climático, contaminación atmosférica y el sector ladrillero 11

1.5 Afectaciones a la salud 14

1.6 Proceso de elaboración del ladrillo 16

1.6.1 Materias primas 16

1.6.2 Proceso artesanal 18

1.7 Marco Normativo 21

1.8 Métodos utilizados en el proyecto 23

1.8.1 Determinación de pH 23

1.8.2 Determinación de humedad 23

1.8.3 Determinación de permeabilidad 23

1.8.4 Determinación de densidad 24

1.8.5 Determinación de porosidad 24

1.8.6 Determinación de color 25

1.8.7 Determinación de conductividad 25

1.8.8 Resistencia mecánica a la compresión 26

Capítulo 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO 27

2.1 Planteamiento del problema 28

2.2 Justificación 28

2.3 Hipótesis 29
2.4 Objetivos 29
2.4.1 Objetivo general 29
2.4.2 Objetivos específicos 30
Capítulo 3: METODOLOGÍA 31
3.1 Entrevistas 32
3.2 Determinación de pH 32
3.3 Determinación de humedad 33
3.4 Determinación de permeabilidad 33
3.5 Determinación de densidad 34
3.6 Determinación de porosidad 35
3.7 Determinación de color 36
3.8 Conductividad 37
3.9 Modificaciones de la mezcla de arcillas utilizada para la elaboración del ladrillo 38
3.9.1 Prueba de caída de ladrillo completo 39
3.9.2 Prueba de resistencia a la compresión 40
Capítulo 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42
4.1. Entrevistas 43
4.2. Determinación de pH 45
4.3. Determinación de humedad 45
4.4. Determinación de densidad 46
4.5. Determinación de porosidad 46
4.6. Determinación de Color 47

4.7. Determinación de conductividad 47

4.8. Modificaciones en la mezcla de arcillas utilizada en la elaboración de ladrillo..... 48

CONCLUSIÓN 51

BIBLIOGRAFÍA 54

ANEXOS..... 61

A-1 Guía de apoyo para las entrevistas..... 62

A-2 Tablas de color Munsell 64

Índice de tablas

Tabla 1.1- Número de hornos ladrilleros por municipio estratégico 10

Tabla 1.2- Contaminantes atmosféricos y sus efectos en la salud humana 15

Tabla 1.3- Porcentaje de materias primas utilizadas en el proceso productivo del ladrillo 17

Tabla 1.4- Porcentaje de combustibles utilizados en el proceso productivo del ladrillo 18

Tabla 1.5- Etapas del proceso de fabricación de ladrillo 20

Tabla 1.6- Clasificación del suelo según su diámetro promedio de grano 24

Tabla 1.7- Clasificación de los suelos según la conductividad eléctrica 26

Tabla 3.1 - Composición de las mezclas diseñadas 39

Tabla 4.1- Aspectos más importantes de las entrevistas 43

Tabla 4.2- pH de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo .. 45

Tabla 4.3- Porcentaje de humedad de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo 46

Tabla 4.4- Densidad de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo 46

Tabla 4.5- Porcentaje de porosidad de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo 47

Tabla 4.6- Tipo de color de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo 47

Tabla 4.7- Conductividad de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo 47

Tabla 4.8- Composición de mezclas diseñadas 48

Tabla 4.9- Comparación de las pruebas aplicadas a los ladrillos modificados y los ladrillos obtenidos de la ladrillera tradicional 49

Índice de figuras

Figura 1.1 Horno ladrillero artesanal. 12

Figura 1.2 Porcentaje de emisiones por contaminante atmosférico. 13

Figura 1.3 Fases del proceso de fabricación del ladrillo. 19

Figura 3.1- Determinación de la conductividad en arcillas. 38

Figura 3.2. Posición correcta del ladrillo para la prueba de caída. 39

Figura 3.3 – Verificación de la prueba de caída. 40

Figura 3.4 – Ejecución de la prueba de resistencia a la compresión. 41

Figura 4.1- A) Cascara de huevo con aserrín, B) Ladrillo estandarizado, C) Ladrillo tradicional, D) Cascara de huevo con pluma, E) Cemento con pluma 49

Figura 4.2- Pirámide de los materiales de construcción (unidad funcional: revestimiento de fachada 1m^2). 50

INTRODUCCIÓN

El ladrillo ha ido adquiriendo mucha importancia dentro de la industria de la construcción, ya que se ha convertido en un material imprescindible en todo el mundo. Muchas de las estructuras de mampostería que se fabrican en la actualidad utilizan ladrillos como componente básico y están compuestas principalmente de arcilla.

Es por ello, que en este trabajo de investigación se pretendió estandarizar la mezcla de arcilla utilizada para la elaboración de ladrillos artesanales, pues el aprovechamiento de este recurso natural es improcedente.

En el capítulo uno se hace referencia de cómo es que está presente el ladrillo en el mundo, en México y sobre todo en el municipio de Abasolo, Guanajuato, así como saber cómo impacta el proceso artesanal no solo en el medio ambiente sino también a los actores involucrados en su elaboración y la normatividad ambiental aplicable para este sector.

En el capítulo dos se menciona la problemática que se genera al no tener un control sobre el uso de los recursos naturales requeridos dentro de esta industria, así como los objetivos generales y específicos que se desarrollaron para llevar a cabo esta investigación.

En el capítulo tres se describieron los procedimientos que se llevaron a cabo para efectuar la experimentación y llegar a cumplir todos los objetivos de la investigación, basándose en normas, investigaciones previas y manuales de pruebas para materiales de mampostería.

En el capítulo cuatro se presentaron los resultados obtenidos en las entrevistas que permitieron conocer a la industria ladrillera, en los análisis fisicoquímicos que permitieron determinar el tipo de suelo con el que se trabajó y finalmente los resultados de las mezclas y pruebas aplicadas para determinar la viabilidad de cada una de las mezclas diseñas. Por último, en el capítulo cinco fueron presentadas las conclusiones a las que se llegaron de este proyecto.

Capítulo 1: MARCO TEORICO

1.1 Industria ladrillera en el mundo

El proceso artesanal del ladrillo ha existido desde hace muchos años dentro de las culturas occidentales y orientales, sin embargo, hasta la primera aparición de la industria de la fabricación del ladrillo, el proceso quedo fuera de la innovación e investigación.

La industria ladrillera aparece en América a finales de 1890 en Bogotá, Colombia, se registran los primeros ladrillos hechos artesanalmente, sin embargo, sus métodos los hacían costosos y frágiles, por lo que, hasta que apareció la primera fábrica de ladrillo en la región, el ladrillo obtuvo sus características únicas que lo hacen de buena calidad (Sarmiento, 2020).

Cabe mencionar que el proceso artesanal varía de acuerdo con la localización geográfica y de las materias primas que se encuentran en la zona, además de que este proceso se basa más en los conocimientos que se adquieren de generación en generación (Cova-Orozco, y otros, 2017).

El Programa Regional Aire Limpio de Perú demostró que las ladrilleras utilizan técnicas artesanales para la elaboración del producto, utilizando también hornos de baja eficiencia, cuyo combustible se basa en quema de llantas usadas, plásticos, entre otros, provocando un serio problema de impacto ambiental y social.

Según Apaza (2013), en su investigación determinó que la evaluación de los impactos ambientales se debe analizar con los enfoques ambiental, social y económico, ya que, según los trabajadores encuestados, la industria ladrillera no solamente genera un impacto ambiental, ocasiona efectos negativos sobre la salud en la población, además de ser una fuente de empleo que sustenta, generalmente, a las familias de bajos recursos.

1.2 Industria ladrillera en México

En México, el ladrillo es un producto utilizado como material de construcción por sus características de durabilidad, dureza y de fácil manejo.

A lo largo de la historia, el ladrillo se ha utilizado desde la época mesopotámica (4000 a.C.) hasta la actualidad. En México ya se usaba en algunas culturas prehispánicas, como lo muestran los basamentos piramidales en Comalcalco y las pirámides de Cholula.

En el siglo XVI el implemento del ladrillo en el área de construcción tuvo fuentes de mejora con la llegada de los españoles, sin embargo, no es hasta finales del siglo XIX que la estandarización surgió con máquinas que moldeaban la arcilla, ya que las medidas del ladrillo eran diversas debido a las técnicas manuales que se manejaban. Este aspecto constructivo continuó hasta 1910, cuando estas construcciones se volvieron menos comunes durante la Revolución Mexicana (Pérez-Escobar, 2013).

Cova Orozco y otros, (2017), realizaron, en el estado de Jalisco, un estudio donde enfocaron distintos aspectos a analizar de la industria ladrillera, como lo son el análisis del proceso, conocimiento de las materias primas, el funcionamiento de los hornos ladrilleros y el diseño de un parque ladrillero.

Con ello se determinó que la caracterización de las materias primas es muy amplia debido a que no en todas las regiones se utilizan las mismas arcillas y cambian constantemente debido a la temporada. Además, se identificó que los trabajadores desconocen la clasificación de los suelos que utilizan.

Al mismo tiempo, el diseño del parque ladrillero fue ejecutado de manera adecuada enfocado a la sustentabilidad por las técnicas de colaboración de los mismos trabajadores de la industria ladrillera (Cova-Orozco, y otros, 2017).

Por otra parte, el proceso de elaboración y cocido del ladrillo deteriora el medio ambiente debido, a que desde hace muchos años se utiliza combustible altamente contaminante, principalmente combustóleo y residuos industriales.

Actualmente, México usa las mismas tecnologías empleadas dentro de esta industria desde hace 30 años, a pesar de ser considerado un país en desarrollo, pues esta labor no ha tenido una innovación significativa desde los años 80's.

Se han registrado muertes debido a los altos niveles de contaminación provenientes de este proceso (Flores, Cortés, Macías, García, & Esquivel, 2017).

1.3 Industria ladrillera en Guanajuato

La problemática ambiental que se genera por parte de la industria ladrillera en el estado de Guanajuato es muy antigua, cabe mencionar que los proyectos realizados para dar solución a esta problemática, siempre se enfocaban al impacto ambiental que se genera, sin tomar en cuenta el impacto social y económico, dejando a la deriva la solución al problema de esta industria.

En el año 2013, el Instituto Tecnológico de León ITL en colaboración con el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato y otras instituciones, desarrollaron un proyecto sobre la eficiencia energética en ladrilleras artesanales de la comunidad del Refugio de León, cuyos resultados revelan que la zona de estudio contribuye con el 0.95% de las emisiones de CO_2 por ladrilleras a nivel nacional, resaltando que la eficiencia energética promedio en los hornos ladrilleros de la comunidad del Refugio fue de 1.99 GJ/Ton ladrillo producido.

Así también, dentro de la comunidad del Refugio se estimó en otro estudio que en comparación con las emisiones de CO_{2eq} de las ladrilleras a nivel nacional con los procesos industriales, estas representan el 9.5%. Al mismo tiempo, el uso de combustibles más limpios y el uso de hornos mejorados como el horno MK2 ayuda a reducir el 50% de consumo de combustibles y reducir hasta el 38.8% de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Cárdenas-González & Márquez-Estrada, 2011).

Así mismo, uno de los proyectos más destacados en esta área de estudio es el diseño de un horno llamada MK2, el cual se implementó en la localidad del Refugio del municipio de León, dejando sus resultados aislados, y a su vez, se

suma a la lista de proyectos que no han dado una solución a la problemática que se enfrenta el estado.

El Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato con participación del Centro de Innovación Aplicada a Tecnologías Competitivas, A. C. (CIATEC) elaboraron un Diagnóstico Integral de los ladrilleros, tomando como referencia a 12 municipios que se consideraron estratégicos en el estado como León, Salamanca, Silao, Irapuato, Celaya, Abasolo, Acámbaro, entre otros, con el fin de obtener un panorama más amplio del sector ladrillero para poder implementar proyectos más enfocados y específicos, con ello, se incluirían los ámbitos sociales y económicos y conocer de tal manera como es que esta industria es el sustento de muchas familias guanajuatenses (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2013).

En la Tabla 1.1 se muestran la cantidad de hornos ladrilleros por cada municipio estratégico que tomo el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato para el Diagnostico Integral de los ladrilleros.

Tabla 1.1- Número de hornos ladrilleros por municipio estratégico

MUNICIPIO	HORNOS SUPUESTOS
Abasolo	367
Acámbaro	82
Celaya	91
Irapuato	24
León	273
Purísima del Rincón	34
Salamanca	59
San Diego de la Unión	16
San Francisco del Rincón	44
San Luis de la Paz	16
San Miguel de Allende	100
Silao	229

Fuente: (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2013)

1.4 Cambio climático, contaminación atmosférica y el sector ladrillero

La contaminación atmosférica es uno de los factores ambientales de mayor preocupación y prioridad a nivel mundial, principalmente por los efectos que ocasionan en la salud de la población y en el medio ambiente.

El sector ladrillero es uno de los más importantes dentro del área de construcción pues el ladrillo se considera un elemento fundamental, así mismo, este sector ha sido reconocido en los últimos años como la principal fuente de contaminación atmosférica y emisiones de GEI. Debido a que, en los estudios realizados, las ladrilleras no cuentan con una técnica establecida (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2013).

Según Niño y Fair Quintanilla (2018), en su estudio mencionan que a nivel global las ladrilleras aportan alrededor del 8% de las emisiones mundiales de GEI, contaminantes principalmente como el monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV).

La industria artesanal del ladrillo es una actividad muy simple que requiere un uso intensivo de mano de obra. La etapa clave en el proceso de elaboración es la cocción del ladrillo, pues es ahí donde éste adquiere sus características que lo hacen tan importante dentro del sector de la construcción, sin embargo, gracias a y la forma de construcción de los hornos (figura 1.1) y los combustibles que son utilizados en esta parte del proceso, colocan a esta industria como una de las principales fuentes de contaminación atmosférica en el mundo, además de causar deterioro ambiental y daños severos en la salud de sus trabajadores y la sociedad que los rodea (Maquera, 2017)



Figura 1.1 Horno ladrillero artesanal. Fuente: Flores y otros, (2017).

Actualmente México cuenta con una cantidad considerable de hornos ladrilleros a lo largo del territorio nacional, donde se emplean hornos artesanales utilizando carbón, estiércol, leña y otros materiales como combustible, lo que ocasiona emisiones a la atmosfera.

El contaminante principal que es emitido por esta industria es el dióxido de carbono (CO_2), el cual esta relacionando con las causas del calentamiento global (Bahena-Martínez, y otros, 2020). Sin embargo, también se han detectado otros contaminantes como el monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), metales y “black carbon”, los cuales son producidos por la combustión incompleta.

Si bien se sabe, el material particulado se considera uno de los contaminantes más perjudiciales para la calidad del aire y el bienestar y la salud de la sociedad (Aguilera-Pizano, y otros, 2021)

En la figura 1.2, se muestran los porcentajes de las emisiones por contaminante atmosférico, de acuerdo con el estudio realizado por el Gobierno del estado de Guanajuato en el año 2011.

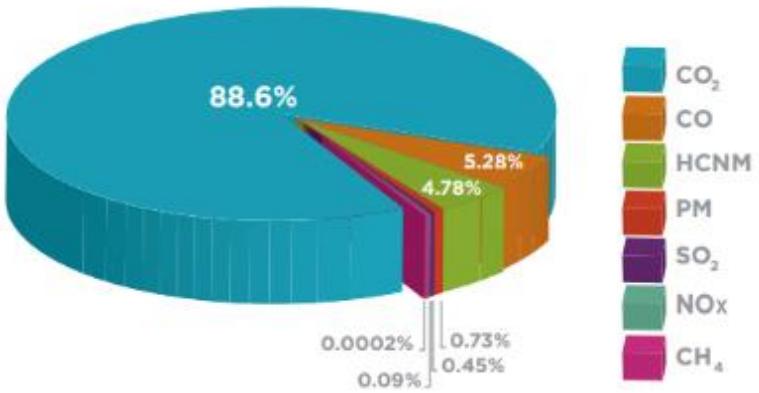


Figura 1.2 Porcentaje de emisiones por contaminante atmosférico.

Fuente: Gobierno del estado de Guanajuato, (2011).

Desde 1950, el clima de nuestro planeta ha cambiado sin precedentes en comparación con las últimas décadas e incluso milenios, es una realidad que nadie puede discutir.

El cambio climático es un cambio importante y duradero en los patrones meteorológicos regionales o globales, con las emisiones de GEI más altas de la historia, provocando así este fenómeno. Las principales fuentes de GEI son la generación de energía, la industria, el transporte, el cambio de uso del suelo y la edificación (Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC), 2016).

En América Latina, las ladrilleras artesanales son la actividad principal con la mayoría de los productores en los llamados sectores de micro y pequeña empresa. Estos se caracterizan por la poca o ninguna mecanización del proceso de fabricación.

Debido al bajo nivel tecnológico, la eficiencia energética de este sector es baja. En otras palabras, utiliza una gran cantidad de combustible con alto impacto ambiental y se produce muy poco, y gran parte de la producción se realiza en horno abierto (Bickel, 2012).

1.5 Afectaciones a la salud

El trabajo realizado por las personas que se dedican a este sector padece enfermedades como artritis, reumatismo, infecciones en la piel y enfermedades respiratorias, entre las más comunes, pues el proceso de elaboración de los ladrillos demanda un trabajo arduo y pesado, demás cabe destacar que, en la fase de la mezcla de arcillas, los trabajadores la realizan con los pies descalzos.

Cabe mencionar que este sector no cuenta con estudios epidemiológicos que nos ayuden a conocer específicamente las condiciones de salud a la que se presentan los trabajadores, pues no hay información determinada sobre la exposición a los contaminantes atmosféricos, así mismo, con enfermedades de la piel y enfermedades musculares (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2011).

Las condiciones de trabajo en sector ladrillero no son las más adecuadas, debido a que no utilizan equipo de seguridad, solo cuentan con un sombrero o gorra que los protege del sol y guantes para descargar el horno, una vez que los ladrillos están listos para su distribución.

Es importante mencionar que los trabajadores no cuentan con seguro médico, debido a la informalidad del sector (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2011).

Según el estudio realizado por Barraza-Salas y otros, (2014), determinan que otro de los problemas de salud presentados en los trabajadores de las ladrilleras, es que padecen de obesidad, de acuerdo con los resultados que se obtuvieron con el estudio del índice de Masa Corporal (IMC), lo que nos lleva a que las personas lleguen a padecer enfermedades crónicas como lo son la diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial, dislipidemias, cardiopatías, así como de sus complicaciones.

Un dato interesante sobre este estudio es que los resultados obtenidos demostraron que los trabajadores en un porcentaje bajo padecen de enfermedades respiratorias, mientras que en otros estudios la principal afectación a la salud son las enfermedades respiratorias debido a la exposición de los contaminantes atmosféricos, sin embargo, se debe mencionar que depende de la

localización de la ladrillera, pues Barraza-Salas y otros, mencionan que los contaminantes atmosféricos no se concentran en dicho lugar sino que el viento corre libremente lo que ayuda a que los contaminantes se dispersen y no afecten significativamente a los trabajadores de esa ladrillera.

Sin embargo, Aguilera Pizano y otros, 2021, en su estudio analizaron los efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud de los pobladores de la comunidad El Refugio del municipio de León, Guanajuato, donde se observa como los contaminantes se dispersan afectando no solo a la población aledaña a los hornos ladrilleros sino hasta la población de alcance de los contaminantes, mostrando algunos de los efectos que pueden causar en la salud de los habitantes.

En la tabla 1.2, se muestran las principales afectaciones en la salud debido a las emisiones atmosféricas que produce la industria ladrillera. Los niveles altos de contaminación en el aire atacan principalmente a las personas que padecen enfermedades respiratorias (Aguilera-Pizano, y otros, 2021).

Tabla 1.2- Contaminantes atmosféricos y sus efectos en la salud humana

Contaminante	Descripción	Síntomas	Efectos
PM	Material particulado.	Apnea, ataques de asma, irritación de ojos, nariz y garganta, tos y opresión del pecho.	Respiratorios, cardiovasculares, estrés oxidativo e inflamación y bajo de peso alnacer.
NO2	Gas denso, color marrón rojizo de olor acre.	Disnea, tos, flema, irritación de los ojos y garganta, cansancio y falta de aire.	Respiratorios.
SO2	Gas soluble en agua e irritante.	Irritación de nariz, ojos y garganta.	Respiratorios y resistencia pulmonar.
CO	Gas incoloro sin olor ni sabor.	Dolor de cabeza, somnolencia, mareos, visión borrosa, náuseas, esfuerzo y falta dealiento	Sistema nervioso central y cardiacos; reducción de capacidad para transferiroxígeno.
Metales	Componentes de la corteza terrestre que nose degradan ni destruyen.	Trastornos de la memoria, sueño, ira,fatiga, temblores en las manos, cisión borrosa y dificultad para hablar.	Sistema nervioso, aborto espontáneo, bajocoeficiente intelectual, malformaciones congénitas.
PM: Material particulado **SO2: Dióxido de azufre** **NO2: Dióxido de nitrógeno** **CO: Monóxido de carbono**			

Fuente: Aguilera Pizano y otros, (2021).

1.6 Proceso de elaboración del ladrillo

El proceso de elaboración del ladrillo se divide en distintas etapas, que van desde la extracción de las materias primas hasta su venta y distribución. Todo este proceso demora alrededor de 8 a 22 días, dependiendo de la capacidad de producción de cada trabajador, del clima y sobre todo de la capacidad del horno, pues los más pequeños tienen la capacidad de 5000 ladrillos aproximadamente, hasta los más grandes que tienen una capacidad de 20 000 a 25 000 ladrillos (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2013).

1.6.1 Materias primas

La principal materia prima que se utiliza para la fabricación de los ladrillos es la arcilla que en presencia de agua es fácil de moldear y adquiere una dureza después de la cocción de la misma.

Sin embargo, saber qué tipo de arcillas se tienen que utilizar en el proceso es motivo de mucha incertidumbre para los trabajadores de este sector, pues sabe que ha habido una sobreexplotación de suelo para poder extraer esta materia prima, por lo que cada ladrillera la obtiene de distintos lugares ocasionando también un costo económico para los dueños de los hornos ladrilleros.

Cabe destacar que las propiedades que caracterizan la calidad de un buen ladrillo varían según el lugar de donde se extraigan las arcillas, ya que el suelo tiene diferentes propiedades físicas (Cova-Orozco, y otros, 2017).

Las arcillas utilizadas para la producción del ladrillo son tierra negra, tierra lama, tierra roja como el tezontle, entre otras.

En la tabla 1.3 se muestran las principales materias primas utilizadas en los municipios de Guanajuato.

Tabla 1.3- Porcentaje de materias primas utilizadas en el proceso productivo del ladrillo

MUNICIPIO	HORNOS	% DE PRODUCTORES QUE USAN ESOS MATERIALES								
		TIERRA NEGRA	TIE-RRA LAM A	ARCI-LLA	ARENI-LLA	ESTIÉR -COL	CIS-CO	SAL	ASE-RRÍN	OTR O
Abasolo	228	93%	48%	4%	3%	29%	1%	0%	66%	71 %
Acámbaro	58	36%	66%	3%	5%	0%	0%	0%	0%	74 %
Celaya	71	62%	87%	0%	8%	79%	1%	0%	48%	4%
Irapuato	36	89%	83%	3%	8%	78%	0%	0%	53%	0%
León	312	89%	68%	0%	19%	68%	34 %	2%	35%	1%
Purísima del Rincón	46	63%	61%	2%	4%	91%	2%	9%	26%	13 %
Salamanca	21	100%	95%	5%	10%	100%	0%	0%	24%	62 %
Silao	85	91%	54%	8%	5%	80%	0%	0%	19%	0%
San Francisco del Rincón	35	6%	100 %	0%	0%	100%	0%	0%	29%	200%
San Miguel Allende	44	52%	55%	0%	0%	73%	0%	0%	59%	34 %
San Diego de la Unión	28	43%	14%	4%	4%	25%	0%	0%	4%	100 %
San Luis de la Paz	35	54%	80%	9%	9%	43%	3%	0%	3%	31 %
San Felipe (parcial)	58	62%	41%	16%	71%	41%	0%	3%	2%	16 %

Fuente: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, (2013).

Las arcillas más utilizadas en el municipio de Abasolo son la tierra negra, tierra lama, aserrín y estiércol.

Los combustibles que se utilizan dentro del proceso son de alta energía calorífica y baratos como lo son las tarimas, leña, residuos de cascara de coco, hojarasca, textiles y aserrín, en algunos hornos ladrilleros aun utilizan residuos de curtiduría, aceite quemado o madera pintada, ocasionado emisiones atmosféricas más preocupantes.

En la tabla 1.4, se muestran los combustibles Utilizados en la producción de ladrillo en los municipios de Guanajuato.

Tabla 1.4- Porcentaje de combustibles utilizados en el proceso productivo del ladrillo

MUNICIPIO	HORNOS	COMBUSTIBLES										
		ASERRÍN	LEÑA	TARIMAS	COMBUSTÓLEO	ACEITES	DIÉSEL	ESTIÉRCOL	HOJARASCA	TEXTILES	GAS	OTROS
Abasolo	228	31%	83%	10%	46%	5%	44%	21%	3%	1%	0%	26%
Acámbaro	58	95%	76%	3%	0%	0%	12%	38%	0%	0%	0%	34%
Celaya	71	3%	34%	4%	3%	51%	4%	20%	0%	0%	3%	54%
Irapuato	36	6%	78%	25%	19%	3%	3%	8%	0%	0%	0%	14%
León	312	21%	70%	81%	0%	0%	1%	13%	1%	0%	9%	5%
Purísima del Rincón	46	7%	93%	20%	2%	0%	4%	0%	9%	2%	0%	7%
Salamanca	21	0%	5%	0%	100%	5%	14%	0%	0%	0%	33%	5%
Silao	85	4%	22%	38%	2%	4%	1%	2%	0%	0%	0%	0%
San Fco. del Rincón	35	9%	91%	23%	0%	0%	0%	23%	3%	3%	0%	46%
San Miguel Allende	44	57%	73%	18%	2%	11%	20%	36%	0%	0%	2%	32%
San Diego de la Unión	28	18%	25%	0%	0%	0%	14%	93%	18%	0%	4%	82%
San Luis de la Paz	35	77%	66%	29%	0%	23%	0%	54%	14%	0%	0%	31%
San Felipe (parcial)	58	5%	83%	5%	2%	50%	0%	19%	3%	0%	9%	0%

Fuente: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, (2013).

Aunque ya no se utiliza el combustóleo como combustible para la cocción de los ladrillos, los municipios de Salamanca, Irapuato y Abasolo son de los pocos que aún lo utilizan, además del diésel y aceites quemados (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2013).

1.6.2 Proceso artesanal

El proceso de elaboración del ladrillo consta de distintas fases, desde la extracción de las materias primas hasta su distribución.

En la figura 1.3, se muestra un diagrama con las fases principales del proceso artesanal para la elaboración del ladrillo.



Figura 1.3 Fases del proceso de fabricación del ladrillo. Fuente: (Instituto de Ecología, 2012).

En la tabla 1.5, se muestra detalladamente las fases del proceso de fabricación del ladrillo, así como los materiales que se utilizan y la manera en que se desarrolla cada una de las etapas del proceso.

Tabla 1.5- Etapas del proceso de fabricación de ladrillo

ELABORACIÓN DEL LADRILLO			
Fases del proceso	**Que se hace**	**Con que se hace**	**Como se hace**
Recolección de latierra	Cargan la tierra en góndolasy se descarga en el sitio de trabajo	Azadón Talache Carretilla Pala	Se escarba la tierra con el talache o azadón; se recoge conla pala y se vierte en la carretilla llevándose por último al sitio de trabajo.
Mezcla r los eleme ntos	Se mezcla la tierra (ya cernida)con el agua, estiércol, barro y aserrín.	Pala Carretilla	El agua se obtiene de un pozo de aprox. 5mts de profundidad y de unos 5 o 7 mts de distancia del lugar donde se mezclará con lo demás elementos; se toma cadauno de ellos y se lleva al sitio de trabajo en el cual se va poniendo de uno en uno y se mezcla con la pala.
Batir la mezcla	Se bate la tierra mezclada	Carretilla Batidora de fierro Eje de camión	Se toma la tierra mezclada con la pala y se vierte en la carretilla, se lleva al lugar de trabajo, se vierte con la pala ala batidora o al eje de camión y se bate la mezcla.
Acarrear al área detrabajo	Se lleva la mezcla batida alárea de trabajo	Carretilla manos	Se ladea con las manos la batidora vertiéndose a lacarretilla y después se lleva al área de trabajo.
Moldear	Se moldea la mezcla batida	Molde Meza Manos	La mezcla ya puesta en el sitio de trabajo se pone sobre una meza y se deja una noche reposando, al día siguientese toma y se empieza a moldear sobre ella.
Tender	Se tienden sobre el suelo	Manos	Se toman las losetas moldeadas y se les pone aserrín alrededor, posteriormente se colocan (tienden) en elsuelo.
Trinchar	Se trinchan sobre el suelo	Manos	Después de un día de tendidos sobre el suelo, se acomodan (trinchan) en bloques o hileras uno a uno. Lapersona encargada acarrea de 15 a 18 losetas.
Llevar al horno	Se acarrean al horno y secocen (hornean)	Manos Camión Horno	La loseta ya trinchada se toma de una por una hasta tener de 15 a 18 y se van colocando en el camión en orden; posteriormente se llevan al horno, donde se colocan de uno en uno hasta ponerlos todos para cocerlos.
Repartir o almacenar	Se reparten a los lugares depedido o se almacenan.	Manos Camión	Una vez cocidos, se dejan enfriar de 2 a 3 días y se recogenpara apilarlos. De la loseta apilada se colocan en el carro en filas y se van distribuyendo en los sitios de pedido; si nose tiene pedido se almacenan.

Fuente: (Barraza Salas y otros, 2014)

El proceso de fabricación de ladrillos es muy sencillo y comienza con la extracción de la arcilla que se encuentra en las zonas cercanas a las ladrilleras. La mezcla se

hace combinando arcilla con agua para hacer una pasta homogénea. Una vez preparado el lodo, se lleva a la tabiquera con la ayuda de una carretilla y/o cubetas, y se suministran las tabiqueras para formar los ladrillos. Los ladrillos se colocan en filas largas con un espacio entre ellos para permitir la libre circulación del aire para una velocidad de secado más rápida.

A continuación, se queman los ladrillos. El calor de esta fase lo proporciona el inyector, que consume combustible y suministra 1000 °C por cada encendido. Su duración es de unas 24 horas. En este punto, el ladrillo ya ha logrado su color característico y está listo para la venta (Ibarra-Flores, 2004).

1.7 Marco Normativo

En el artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos declara que: *"toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar".*

La Ley Federal del Trabajo en su artículo 3º dice: "el trabajo es un derecho y un deber social. No es artículo de comercio, exige respeto para las libertades y dignidad de quien lo presta y debe efectuarse en las condiciones que aseguren la vida, la salud y un nivel económico decoroso para el trabajador y su familia".

Para la regulación ambiental, el ordenamiento principal es la Ley General de Equilibro Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), y su reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera (PyCCA) (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2011) ya que la industria del ladrillo lleva a cabo una serie de acciones sobre el suelo, desde la extracción de la arcilla hasta el proceso de fabricación y eliminación de residuos que alteran el equilibrio del ecosistema del que se obtienen las materias primas, causando erosión, degradación y alteración de las características topográficas del ecosistema.

En el artículo 31 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) señala que las personas están sujetas a un plan de manejo de residuos peligrosos, como aceites lubricantes y los productos usados. La

importancia de esta ley es que, en la mayoría de los hornos de ladrillos, el aceite quemado se utiliza como combustible para quemar el producto y se considera un residuo peligroso por ley porque libera partículas contaminantes al medio ambiente cuando se quema.

La Ley de General de Cambio Climático garantiza el derecho a un medio ambiente sano y establece la aplicación de políticas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de GEI, así como regularlas para lograr una estabilización de sus concentraciones dentro de la atmósfera (Vargas-González, 2019).

La industria ladrillera según la clasificación de las fuentes contaminantes en el reglamento de la LGEEPA en materia de PyCCA, se clasifica como fuentes fijas de competencia estatal debido a que su actividad se cataloga como actividad artesanal, las cuales deben cumplir con los ordenamientos jurídicos siguientes:

- Ley para la Protección y Preservación del Ambiente en el Estado de Guanajuato.
- Reglamento de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente en el Estado de Guanajuato en materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmosfera.
- Norma Técnica Ecológica NTE-IEG-001/98, la cual establece *"las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la instalación y reubicación de hornos ladrilleros en el estado y las condiciones para la operación de los hornos para la confección y cocido de piezas elaboradas con arcillas".*

El Gobierno del estado de Guanajuato en conjunto con el Instituto de Ecología del estado de Guanajuato en su documento llamado Acciones para el fortalecimiento de la industria ladrillera en el estado de Guanajuato (2011), menciona que las fuentes fijas de competencia estatal, en este caso la industria ladrillera, deben cumplir con las especificaciones de las normas oficiales mexicanas, sin embargo, por las particularidades del sector ladrillero, no se pueden dar cumplimiento a esas

normas, es por ello que se dio origen a la Norma Técnica Ecológica NTE-IEG-001/98, y así poder regular el funcionamiento de los hornos ladrilleros.

1.8 Métodos utilizados en el proyecto

Los análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo nos permiten evaluar las características y efectuar un manejo adecuado del mismo, principalmente cuando este está destinado para la producción agrícola (Lora, 2012).

1.8.1 Determinación de pH

El pH se refiere a la concentración de iones hidrogeno que se da en la interfase liquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. El grado de acidez y alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad especifico o relación suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor del pH se expresa en números positivos de 0 al 14. Son tres las condiciones posibles de pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad (Fernández Linares y otros, 2016).

1.8.2 Determinación de humedad

El agua es esencial para todos los seres vivos porque en forma molecular participa en varias reacciones metabólicas celulares, además actúa como un solvente y portador de nutrientes desde el suelo hasta las plantas y dentro de ellas. El contenido de agua en el suelo puede ser benéfico, pero en algunos casos también perjudicial. El exceso de agua en los suelos favorece la lixiviación de sales y de algunos compuestos, por lo tanto, el agua es un regulador importante de las actividades físicas, químicas y biológicas del suelo

La humedad del suelo se calcula por la diferencia de peso entre una misma muestra húmeda, y después de haberse secado en la estufa hasta obtener un peso constante (Fernández Linares y otros, 2016).

1.8.3 Determinación de permeabilidad

La permeabilidad se define como la capacidad que posee un material para que un fluido lo atraviese sin producir cambios en su estructura interna. Existen distintos

rangos de permeabilidades en los distintos materiales, generalmente se catalogan en permeables, si lo atraviesa una cantidad de fluido apreciable en un tiempo dado o impermeable si esta es despreciable (Fierro Losada, Parra Gómez & Vázquez Olaya, 2017).

1.8.4 Determinación de densidad

El suelo como cualquier cuerpo poroso, tiene dos densidades, la densidad aparente y la densidad relativa.

La densidad aparente es la relación entre la unidad de peso y la unidad de volumen de la fase solida del suelo, es decir, es el peso de una unidad de volumen de suelo que incluye su espacio poroso (Rubio Gutiérrez, 2010).

1.8.5 Determinación de porosidad

El suelo es un sistema heterogéneo y poroso, compuesto por partículas muy pequeñas e independientes, cuyo arreglo determina el volumen del espacio poroso, en el cual se transmite o se retienen el agua y el aire. La separación en entre partículas está relacionada con su tamaño.

Los suelos se dividen en grupos dependiendo del diámetro promedio de partícula (Flores Delgadillo & Alcalá Martínez, 2010). En la Tabla 1.6 se muestra la clasificación.

Tabla 1.6- Clasificación del suelo según su diámetro promedio de grano

Suelo	Diámetro de grano [mm]
Arena muy gruesa	2.00-1.00
Arena gruesa	1.00-0.50
Arena media	0.50-0.25
Arena fina	0.25-0.10
Arena muy fina	0.01-0.05
Limo	0.05-0.002
Arcilla	menores a 0.002

Fuente: (Flores Delgadillo & Alcalá Martínez, 2010)

1.8.6 Determinación de color

El método de Munsell es un sistema de notación de colores en el suelo, en función de matiz, brillo y croma. Algunos colores más característicos y descriptivos son el rojo, marrón, negro o gris, sin embargo, no son exactos, debido a ello, la comunidad científica estableció como patrón de medición del color del suelo el sistema de Munsell (Moreno, Blanquer, & Ibañez, 2010) .

La notación de color se caracteriza mediante 3 parámetros que son matiz (Hue) es el color espectral dominante, claridad o brillo (Value) es la claridad/oscuridad de los rangos de color del 1 (oscuro) al 8 (claro) y pureza (Chroma) es la fuerza del color que va en rango desde 1 (pálido) al 8 (brillante), lo que nos ayuda a clasificar e identificar el tipo y las características del suelo (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012)

1.8.7 Determinación de conductividad

La conductividad eléctrica (CE) se basa en la velocidad a la que fluye una corriente eléctrica a través de una solución salina y es proporcional a la concentración de sal en la solución. Las soluciones con alta CE tienen altas concentraciones de sal (Soriano-Soto, s.f.).

Dado que la CE se ve afectada por el contenido de humedad del suelo, el contenido de arcilla y la presencia de iones intercambiables que pueden conducir electricidad, la conductividad eléctrica proporciona factibilidad, viabilidad y buen desarrollo del producto establecer en suelos específicos. Esta propiedad está asociada con el contenido de sal del suelo (Cortés, Pérez, & Camacho-Tamayo, 2013).

En la tabla 1.7 se muestra la clasificación de los suelos respecto a la conductividad eléctrica.

Tabla 1.7- Clasificación de los suelos según la conductividad eléctrica

Conductividad Eléctrica dS/m	Calificativo	Cultivo
<0.35	No salino	Buen desarrollo
0.35-0.65	Ligeramente salino	Aparecen problemas en algunos cultivos
0.65-1.15	Salino	
> 1.15	Muy salino	Dificultades en muchos cultivos

Fuente: (Soriano-Soto, s.f.)

1.8.8 Resistencia mecánica a la compresión

La arcilla es uno de los materiales más utilizados para la elaboración de ladrillos y unidades de mampostería. Algunas de las propiedades que deben cumplir estas piezas son: absorción de agua, tasa inicial de absorción y resistencia mecánica a la compresión (Afanador-García, Guerrero-Gómez, & Monroy-Sepúlveda, 2012).

La resistencia mecánica a la compresión es aquella resistencia mínima de las unidades de mampostería y ladrillos a compresión, cuya medida se basa sobre el área transversal y de ella se basa su diseño, que de acuerdo con la normatividad en México deben cumplir con lo establecido en las normas NMX-C-441-ONNCCE-2013 y N-CMT-2-01-001/02 (García Ubaque, García Vaca, & Vaca Bohóquez, 2013).

Capítulo 2: GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1 Planteamiento del problema

La industria ladrillera ofrece una producción artesanal de ladrillo en alrededor de 17000 ladrilleras que están distribuidas en la mayor parte del país, sin un control sobre las emisiones hacia la atmosfera, ocasionando efectos negativos en la salud de quienes habitan cerca de ellas (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC, 2016).

En el estado de Guanajuato, existen alrededor de 1400 hornos ladrilleros, de los cuales la mayoría se ubican en los municipios de León y Abasolo. Los hornos ladrilleros tienen capacidades desde 5000 ladrillos por quema hasta 20000-25000.

Abasolo es uno de municipios que produce mayor cantidad de ladrillos en el estado de Guanajuato, pues cuenta con alrededor de 367 hornos ladrilleros, los cuales se ubican dentro de la mancha urbana ocasionando, además de la mayor parte de las emisiones a la atmosfera en el municipio, repercusiones en la salud de los habitantes, desarrollando enfermedades respiratorias como asma o alergias, y problemas musculares como dolor de espalda, debido al trabajo pesado que requiere esta labor (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2013).

La materia prima más utilizada dentro del proceso artesanal de los ladrillos son la tierra negra, tierra lama, aserrín y/o estiércol, ya que son materias primas que se consiguen con facilidad. Cabe mencionar que cada municipio utiliza diferentes tipos de combustibles en el “quemado” del ladrillo, sin embargo, los más comunes van desde tarimas, madera, residuos de cascara de coco hasta textiles.

2.2 Justificación

La problemática ambiental que generan las industrias ladrilleras es muy compleja, debido a que no se ha podido aminorar a pesar de todos los esfuerzos que se han realizado en el Estado de Guanajuato.

Existen varios factores que generan esta problemática pues se sabe que la mayoría de los hornos son ineficientes, utilizan combustibles no autorizados por las leyes gubernamentales, no existe un control sobre el gasto de las materias

primas, además la mayoría de las personas que se dedican a esta labor, dependen en su totalidad de ella (García-Córdoba, 2013)

Hoy en día, la producción de ladrillo trae consigo un amplio problema ambiental en distintos municipios del Estado de Guanajuato (León-Andrade, Ortega-Hernández, & Rosas-Vargas, 2020).

Han sido muchas las investigaciones para llegar a una solución para resolver o aminorar la problemática ambiental de los hornos ladrilleros, actualmente se han implementado soluciones como el rediseño de los hornos tabiqueros con el fin de aprovechar la energía e implementar combustibles más amigables con el ambiente (González-Galván, 2010). Sin embargo, estos proyectos están enfocados específicamente a las emisiones atmosféricas (Gobierno del estado de Guanajuato, 2011) dejando de lado la mejora del proceso artesanal del ladrillo y el aprovechamiento apropiado de las materias primas utilizadas, principalmente, arcilla.

Este proyecto se realiza con la intención de estandarizar la mezcla de arcillas utilizada en el proceso de elaboración del ladrillo para conservar el suelo productivo que se utiliza, esto sin perjudicar la calidad del producto y tomado en cuenta el entorno social y ambiental de la industria.

2.3 Hipótesis

A través la interacción con la industria ladrillera se conseguirá una estandarización de la mezcla de arcillas que se utiliza en el proceso de la elaboración del ladrillo, aminorando el impacto social y ambiental que se genera, manteniendo las características de calidad del ladrillo.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Estandarizar la mezcla de arcillas utilizada en la elaboración del ladrillo en la ciudad de Abasolo, Guanajuato.

2.4.2 Objetivos específicos

- Estudiar y describir la situación actual de la industria ladrillera.
- Identificar las materias primas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo.
- Analizar el proceso de elaboración de ladrillo.
- Determinar y elaborar una mezcla de arcillas distintas a las utilizadas en el proceso.
- Evaluar y verificar la calidad del ladrillo.

Capítulo 3: METODOLOGÍA

3.1 Entrevistas

1. Realizar la guía para las entrevistas para conocer más sobre la situación actual de la industria ladrillera (anexo A-1).
2. Realizar visitas a hornos ladrillero y aplicar entrevistas a los trabajadores.
3. Hacer un análisis de las entrevistas

3.2 Determinación de pH

Método utilizado por (Fernández-Linares, y otros, 2016).

Método potenciómetro

Material y equipo

- Muestra de suelo
- Balanza analítica
- Vasos de precipitado de 25 ml
- Pipeta de 10 ml
- Piceta con agua destilada
- Potenciómetro
- Solución amortiguadora de pH 7 y 4
- Agitadores magnéticos

Procedimiento

1) Pesar 1 g de suelo y colocarlo en un vaso de precipitado de 25 ml

2) Agregar 10 ml de agua destilada

3) Agitar y dejar reposar 10 minutos

4) Ajustar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras de pH 7 y 4

5) Para ajustar el potenciómetro, introducir el electrodo limpio en la solución pH 7 y con el destornillador girar el tornillo de la izquierda (pH 7) hasta que la pantalla

muestre el valor 7.00; retirar el electrodo, lavar con agua destilada y secar suavemente

6) Ahora introducir el electrodo en la solución pH 4 y girar el tornillo de la derecha (pH 4/10) hasta que la pantalla muestre el valor 4.00

7) Con el potenciómetro calibrado y pasados los 10 minutos, medir el pH con el potenciómetro

3.3 Determinación de humedad

Método utilizado por (Fernández-Linares, y otros, 2016).

Material

- Muestras de suelo
- Balanza analítica
- Espátula
- Charolas o papel aluminio a peso constante
- Estufa

Procedimiento

1) pesar 10 gr de muestra sobre un papel o charola de aluminio

2) colocar la muestra dentro de la estufa a 80 ° C de 12 a 24 horas

3) Sacar la muestra de la estufa y colocarla dentro de un desecador para que se enfríe

4) Pesar la muestra con todo y papel

5) Calcular los porcentajes de humedad en el suelo por la diferencia de pesos

$$\% \text{ Humedad del suelo} = (\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial} * 100$$

3.4 Determinación de permeabilidad

Método utilizado por (Fierro-Losada, Parra-Gómez, & Vázquez-Olaya, 2017).

Permeámetro de carga variable:

Se aplica en suelos finos, poco permeables, mezclas de arenas, limos y arcillas o arcillas.

El aparato consiste en que el agua de una bureta fluye a través del suelo. La diferencia inicial de carga h_1, en el tiempo t=0, es registrada y se permite que el agua fluya a través de la muestra de suelo de manera que la diferencia final de carga en el tiempo t=t_2 sea h_2.

$$K = \frac{a \times L \times \ln \frac{h_1}{h_2}}{A \times t}$$

Donde:

A = área de la sección transversal de la muestra de suelo. (cm^2).

K = Coeficiente de permeabilidad. ($\frac{cm}{seg}$).

h = pérdida de carga.

L = Longitud de la muestra

3.5 Determinación de densidad

Materiales

- Muestra de suelo
- Probeta
- Vaso de precipitado de 100 ml
- Balanza analítica
- Espátula
- Estufa

Procedimiento:

1) Pesar 100 gr de suelo, en caso de estar húmedo se coloca dentro de la estufa por 12 horas a 110 ° C

2) El suelo se introduce en una probeta cuidando que la muestra quede lo más compacta posible

3) Se determina el volumen ocupado en la probeta

La densidad aparente del suelo se estima considerando el volumen ocupado por los 100 gr de suelo seco (Rubio-Gutierréz, 2010).

$$da = \frac{peso\ del\ suelo\ en\ seco}{V_1}\ (\frac{gr\ de\ suelo}{cm^3\ de\ suelo})$$

Donde:

da es la densidad aparente

V_1 es el volumen ocupado en la probeta

3.6 Determinación de porosidad

Se puede hacer una estimación de la porosidad del suelo utilizando la densidad aparente y tomando en cuenta que la densidad real del suelo es de 2,65 g/cm^3. Utilizando la formula siguiente (Flores-Delgadillo & Alcalá-Martínez, 2010):

$$\%P = \left(1 - \frac{d_a}{d_r}\right) \times 100$$

Donde:

%P es el porcentaje de porosidad del suelo

d_a es la densidad aparente del suelo

d_r es la densidad real del suelo

3.7 Determinación de color

La determinación del color a través del método AS-22 de la NOM-021-RECNAT-2000, utilizando la carta Munsell de colores de suelos.

Principio y aplicación

Método de la Tabla Munsell para la determinación del color de los suelos minerales y orgánicos. La determinación se basa en el igualamiento del color observado en el suelo tanto en seco como en húmedo respecto al color registrado en las tarjetas de color, ubicadas en cada una de las páginas de la Tabla Munsell, donde se manejan los parámetros de matiz (Hue), Brillo (Value) e Intensidad (Chroma).

Material y equipo

1. Tablas de color Munsell (Munsell Soil Color Charts) (anexo A-2)
2. Placa de porcelana con huecos.
3. Piceta.
4. Tamiz con aberturas de dos mm de diámetro.

Procedimiento:

A. Determinación en seco.

1. Tome aproximadamente 100 g del suelo previamente secado al aire y páselo por el tamiz de abertura dos mm.

2. De la muestra de suelo tamizado tome una pequeña cantidad, suficiente para enrasar uno de los huecos de la placa de porcelana.

3. Tome la cápsula de porcelana y colóquela abajo de la página de la tabla Munsell, ubicando la muestra de suelo por abajo de cada orificio de la carta junto al cual se tiene la tarjetita con el color.

4. Recorra las páginas que considere tienen una mayor similitud entre el color que presenta el suelo y el color de las tarjetas, hasta encontrar el color que más se parezca al del suelo.

5. Una vez ubicado el color registre el valor del Hue que se encuentra en la parte superior derecha de la página, asimismo, registre el valor del Value ubicado en el eje vertical de la página y el valor del Chroma ubicado en el eje x de la página.

B. Determinación en húmedo.

Para la determinación en húmedo se sigue el mismo procedimiento anterior con la diferencia que una vez colocado el suelo en la placa de porcelana se humedece sin saturarlo, teniendo cuidado de no exceder el agua, para evitar que brille.

3.8 Conductividad

La conductividad a través del método establecido en el manual del Kit de prueba educativa de calidad del suelo de laboratorio (Hanna Instruments, s.f.).

Procedimiento:

1. Colocar una maceta de 4 pulgadas de diámetro, de aproximadamente 1.5 L de volumen. Colocar la maceta dentro de una bandeja que se pueda utilizar para recoger el agua del drenaje de la maceta.
2. Llenar la maceta hasta la mitad con la muestra de suelo que se desea analizar.
3. Saturar el suelo con agua del grifo regando demasiado
4. Dejar reposar por aproximadamente 15 minutos y desechar el drenaje
5. Con un vaso de precipitado, verter aproximadamente 100 ml de agua destilada. Esperar 15 minutos para permitir que al menos 50 ml de la solución haya escurrido.
6. Es una simulación de lixiviación
7. Tomar la medida de la conductividad eléctrica.
8. Repetir los mismos pasos con todas las muestras.

En la figura 3.1 se muestra el procedimiento efectuado para la determinación de la conductividad.



Figura 3.1- Determinación de la conductividad en arcillas. Fuente: (tomado por: Cuevas-Santillán,2022)

3.9 Modificaciones de la mezcla de arcillas utilizada para la elaboración del ladrillo

Procedimiento:

1. Identificar materias primas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo
2. Determinar la cantidad de arcilla, aserrín y agua utilizada para la elaboración de un ladrillo
3. De acuerdo con la teoría, implementar modificaciones y alternar los materiales nuevos utilizados.
4. Llevar a cabo el mismo proceso artesanal del ladrillo para hacer ladrillos con las modificaciones determinadas.
5. Hacer pruebas de resistencia en los ladrillos, para determinar cuál es la mejor mezcla realizada. La tabla 3.1 muestra los materiales utilizados en cada mezcla diseñada.

Tabla 3.1 - Composición de las mezclas diseñadas

Mezclas	Materiales				
	Arcilla	Aserrín	Cemento	Plumas	Cáscara de huevo
M1	✓	✓	✓		
M2	✓	✓			✓
M3	✓			✓	✓
M4	✓		✓	✓	
M5	✓	✓			

Fuente: Elaboración propia

3.9.1 Prueba de caída de ladrillo completo

Procedimiento

1. Colocar el ladrillo en la posición que se muestra en la figura 3.2
2. Dejar caer el ladrillo con su punto más bajo a 900 mm por encima del punto de impacto sobre una superficie sólida (figura 3.3).

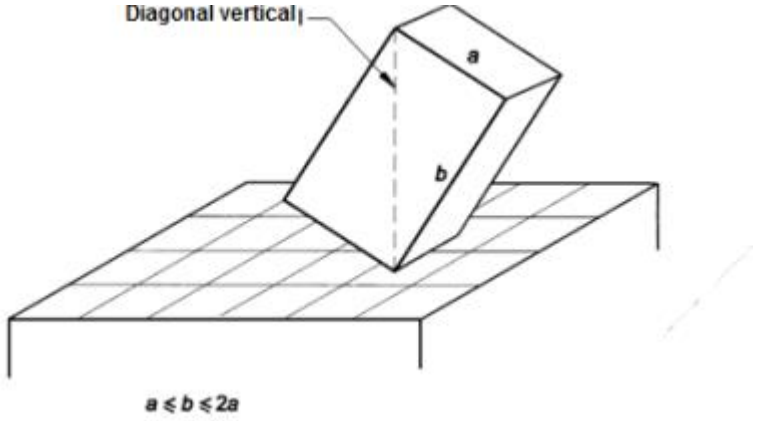


Figura 3.2. Posición correcta del ladrillo para la prueba de caída. Fuente: (Canavesi, s.f.)

Criterios de aprobación

El ladrillo se considera adecuado si no se rompe en pedazos de aproximadamente el mismo tamaño y/o en pedazos de 100 mm o más.

Los posibles resultados son: pasa/no pasa (Canavesi, s.f.)



Figura 3.3 – Verificación de la prueba de caída. Fuente: (tomado por: Cuevas-Santillán, 2022).

3.9.2 Prueba de resistencia a la compresión

El método utilizado para esta prueba fue tomado de la NMX-C-036-ONNCCE-2013, Métodos para muestro y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla.

Procedimiento:

1. Colocar el ladrillo en el centro de la superficie donde se va a recibir el golpe. Alineándose con el centro de la placa de carga de Prensa Hidráulica CALIFORNIA CALJIN-00031 de 30 toneladas.
2. Aplicar la carga con una velocidad uniforme y continua sin producir impacto ni perdida de carga.
3. Tomar la lectura de la máquina de ensayo cuando esta ejerza su mayor presión sobre el ladrillo, antes de llegar a fracturarlo por completo.

En la figura 3.4 se muestra la ejecución de la prueba de compresión.



Figura 3.4 – Ejecución de la prueba de resistencia a la compresión. Fuente: (tomado por: Cuevas Santillán, 2022)

Capítulo 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Entrevistas

Se realizaron 6 entrevistas a trabajadores y extrabajadores de la industria ladrillera, de los cuales 2 son dueños de los hornos tabiqueros, 2 son extrabajadores y 2 trabajadores actuales. En la tabla 4.1 se muestra un resumen de las entrevistas realizadas, las cuales tratan los temas de las materias primas y materiales utilizados para elaborar los ladrillos, así como la capacidad y tiempo de cocción en los hornos ladrilleros.

Tabla 4.1- Aspectos más importantes de las entrevistas

Entrevista	Puesto del entrevistado	Materias primas	Materiales	Combustibles utilizados	Capacidad del horno ladrillero	Afectaciones a la salud
1	Extrabajador	Agua, Aserrín, Tierra roja, Tierra negra, Tierra arenosa	Tabiqueras, Cubetas, Gancho	Aceite quemado Diesel	30000 ladrillos	Artritis Afectaciones en las articulaciones
2	Dueño	Tierra colorada, Tierra negra, Tierra lama, Agua, Aserrín	Tabiqueras, Carretilla, Azadón, Cubetas	Leña de aguacate Lena de encino	27000 ladrillos	Afectaciones a las articulaciones
3	Trabajador	Aserrín Tierra lama	Gancho, Tabiqueras, Cubetas, Rastrillos	Leña de aguacate	24000 ladrillos	Dolor de rodillas
4	Dueño	Agua, Tierra parda, Tierra negra, Tierra colorada, Aserrín	Azadón, Tabiqueras, Cubetas, Rastrillos, Carretillas	Diesel Aceite quemado Leña	26000 ladrillos	Dolor de rodillas y manos Dolor de espalda
5	Extrabajador	Tierra negra, Tierra colorada, Tierra parda, Aserrín, Agua	Tabiqueras Rastrillos Cubetas	Aceite quemado Cascaras de coco	30000 ladrillos	Dolor de espalda Asma
6	Trabajador	Aserrín, Agua, Tierra colorada, Tierra lama, Tierra lama/negra	Azadón, Tabiqueras, Cubetas, Rastrillos	Leña de aguacate Cascara de coco	27000 ladrillos	Dolor en las articulaciones Alergias al polvo Asma

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos obtenidos de las entrevistas el 60% de los trabajadores padecen de enfermedades articulares, en comparación de enfermedades respiratorias cuyos datos son del 40%.

En cuanto a la producción, el 100% de los trabajadores conocen perfectamente el proceso, además siguen las mismas pautas para llevar a cabo la fabricación de los ladrillos, así mismo, se utilizan las mismas herramientas en cada uno de los hornos visitados.

El 50% de los entrevistados utiliza combustibles amigables para el medio ambiente durante la etapa del proceso de la cocción de los ladrillos. Teniendo una producción de ladrillos por cada quema de 24000 a 30000 ladrillos.

Durante las entrevistas, se identificó que los trabajadores no cuentan con un seguro médico para proteger su integridad como persona. Las observaciones realizadas durante el recorrido muestran que la mayoría de los trabajadores de este sector no utilizan equipos de protección personal que los proteja de alguna enfermedad y/o accidente, ya que, en gran parte del proceso requieren de tener las extremidades totalmente descubiertas para tener una mejor movilidad, dejándolas expuestas a cualquier riesgo físico.

La mayor parte de la población del municipio que carece de educación comienza a dedicarse a esta actividad, ya que los datos obtenidos en las entrevistas el 83% de los trabajadores no tuvieron la oportunidad de recibir educación. Esta actividad les brinda la oportunidad de tener un ingreso económico que con el paso del tiempo se convierte en el único sustento económico para sus familias.

Analizando la situación del sector ladrillero desde una postura conjunta de los 3 pilares del desarrollo sustentable (ambiental, económico y social), dentro de este gremio surgen oportunidades y restricciones.

Si bien algunos factores sociales y económicos son importantes para presentar las oportunidades de desarrollo dentro del sector, las inquietudes sobre los impactos ambientales en los recursos naturales son desciendes y se sabe que los factores tecnológicos y de planificación son endebles, convirtiéndose en limitantes.

A pesar de los intentos del municipio de excluir a la industria del ladrillo de la expansión urbana, los productores y las agencias gubernamentales no han podido regular el crecimiento de la urbanización, causando contrariedades a la sociedad que los rodea.

Asimismo, las autoridades gubernamentales obvian el apoyo para la innovación tecnológica en las herramientas y la planificación y gestión de los materiales utilizados dentro del proceso de fabricación de ladrillo.

4.2. Determinación de pH

Para la determinación del pH se utilizó un potenciómetro, el cual se sumergió en el suelo diluido con agua destilada, en la tabla 4.2 se muestran los resultados obtenidos

Tabla 4.2- pH de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo

Tipo de suelo	pH
Tierra colorada	7.5
Tierra lama	8.0
Tierra lama/negra	8.1

Fuente: Elaboración propia

4.3. Determinación de humedad

Para determinar la humedad fue necesario pesar el suelo antes de ser ingresado al horno, donde se dejó por 12 horas a una temperatura de 30 °C, para volver a pesarlo, una vez transcurrido el tiempo determinado. En la tabla 4.3 se el porcentaje de humedad de cada tipo de suelo.

Tabla 4.3- Porcentaje de humedad de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo

Tipo de suelo	% Humedad
Tierra colorada	2.20
Tierra lama	1.65
Tierra lama/negra	3.44

Fuente: Elaboración propia

4.4. Determinación de densidad

La densidad de cada tipo de suelo es muy distinta, es por ello que se determinó pesando 100 gr de suelo y midiendo su volumen con ayuda de una probeta, pues sabemos que las unidades de medida son peso/volumen (gr/cm^3, kg/m^3). En la tabla 4.4 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4.4- Densidad de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo

Tipo de suelo	Densidad gr/cm^3
Tierra colorada	1.086
Tierra lama	1.176
Tierra lama/negra	1.219

Fuente: Elaboración propia

4.5. Determinación de porosidad

El porcentaje de porosidad del tipo de suelo que se utiliza en el proceso de elaboración del ladrillo se determinó a partir de la densidad aparente. En la tabla 4.5 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4.5- Porcentaje de porosidad de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo

Tipo de suelo	% Porosidad
Tierra colorada	59.01
Tierra lama	55.60
Tierra lama/negra	53.98

Fuente: Elaboración propia

4.6. Determinación de Color

La determinación de color se realizó por medio de las tablas de Munsell. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.6.

Tabla 4.6- Tipo de color de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo

Arcilla	Notación de colores					
Determinación	Seco			Húmedo		
	Chroma	Hue	Value	Chroma	Hue	Value
Lama	4	10YR	4	3	5YR	3
Colorada	6	7.5YR	4	4	5YR	3
Lama/Negra	6	10YR	4	3	5YR	3

Fuente: Elaboración propia

4.7. Determinación de conductividad

La medición de la conductividad de las arcillas se realizó con el medidor pH/EC/TDS HI98130 de Hanna®, en la tabla 4.7 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 4.7- Conductividad de las arcillas utilizadas en el proceso de elaboración del ladrillo

Arcilla	Temperatura (° C)	Conductividad ($^{\mu S}/_{cm}$)
Tierra lama	25.7	189
Tierra colorada	25.8	176
Tierra lana/negra	25.1	104

Fuente: Elaboración propia

Comparando los resultados que se obtuvieron con la tabla 1.7, se puede observar que las arcillas utilizadas en la producción de ladrillos son parte fundamental para un mejor desarrollo y crecimiento en los cultivos, ya que el contenido de sales en ellos es muy bajo. Por lo tanto, reducir la explotación de este suelo ayuda a la conservación de los suelos de cultivo.

4.8. Modificaciones en la mezcla de arcillas utilizada en la elaboración de ladrillo

Se utilizaron 5 tipos de materiales (arcilla, pluma, aserrín, cemento y cascara de huevo) para crear una nueva formulación de arcillas. Se prepararon 3 ladrillos por cada mezcla generada (tabla 4.8) siguiendo los pasos del proceso artesanal que se lleva a cabo en las ladrilleras del municipio de Abasolo, Guanajuato.

Tabla 4.8- Composición de mezclas diseñadas

Mezcla	Apelmazante		Arcilla (kg)	gr Cemento / kg de arcilla	gr Cascara de huevo/ kg de arcilla	Masa total (kg)
	gr aserrín /kg de arcilla	gr pluma /kg de arcilla				
M1	65	0	3	150	0	3.645
M2	65	0	3	0	150	3.645
M3	0	40	3	0	150	3.57
M4	0	40	3	150	0	3.57
M5	70	0	3.5	0	0	3.745

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.8 se muestra la cantidad exacta de cada material utilizado en cada una de las mezclas propuestas, donde, como apelmazante se utilizó aserrín o pluma de pollo y como elemento extra para reducir el consumo de arcilla, el cemento o la cascara de huevo.

De acuerdo con la tabla 4.9, haciendo una comparación de los datos obtenidos de cada una de las pruebas realizadas a los ladrillos con la mezcla modificada y un

ladrillo obtenido de la ladrillera artesanal, el cual fue utilizado como control para las pruebas, se obtuvo que en la prueba de caída, los ladrillos que contienen cemento dentro de la mezcla no pasaron la prueba, ya que el ladrillo se considera apto si este no se rompe en trozos del mismo tamaño ni se desprenden trozos mayores a 100 mm o más de cualquiera de las esquinas del ladrillo, en la figura 4.1 se muestran los resultados cualitativos de esta prueba.

Tabla 4.9- Comparación de las pruebas aplicadas a los ladrillos modificados y los ladrillos obtenidos de la ladrillera tradicional

Mezcla	Peso (kg)	Prueba de caída	Prueba de resistencia a la compresión	
			Kg/cm^2	MPa
M1	2.675	No pasa	5.097	0.4964
M2	2.655	Pasa	17.5767	1.72
M3	2800	Pasa	35.1535	3.4473
M4	2.580	No Pasa	5.097	0.4964
M5	3.030	Pasa	70.307	6.89
Ladrillo tradicional	3.075	Pasa	21.0921	2.068

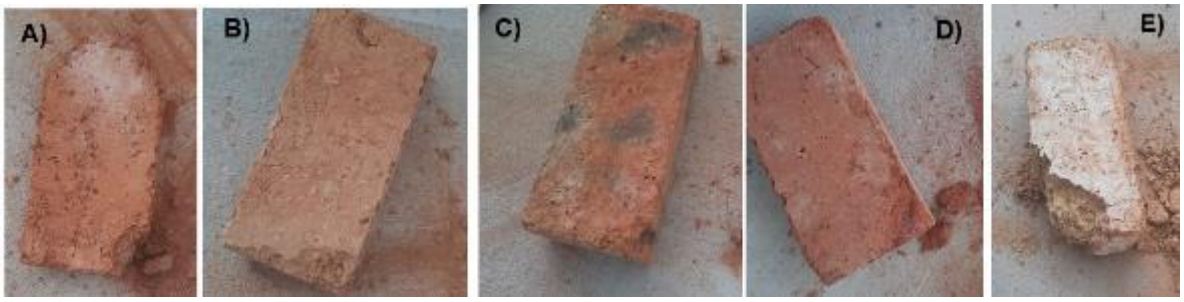


Figura 4.1- A) Cascara de huevo con aserrín, B) Ladrillo estandarizado, C) Ladrillo tradicional, D) Cascara de huevo con pluma, E) Cemento con pluma

Como se aprecia en la figura 4.1, el ladrillo que contiene cemento fue el único ladrillo del cual se desprendió un trozo de más de 100 mm.

La prueba de resistencia a la compresión según lo marcado en la norma NMX-C-441-ONNCCE-2013 y en la norma N-CMT-2-01-001/02, indica que la resistencia a la compresión debe ser mínima de 2.4 MPa y 2 MPa respectivamente. Analizando

los resultados de la prueba, solo 3 de los 6 ladrillos sometidos a la prueba lograron pasarla, uno es el ladrillo tradicional, el cual fue utilizado como control para las pruebas físicas, seguido del ladrillo de la M3 y el tercero, el ladrillo de la M5.

Por lo tanto, las mezclas más viables son la mezcla M3 y la mezcla M5, la cual es la mezcolanza estandarizada, determinando en esta, que las cantidades exactas que se requieren para producir un ladrillo son de 3.5 kg de arcilla, 245 gr de aserrín y 1.650 L de agua.

Según la pirámide de materiales de construcción (figura 4.2) el ladrillo rojo es el principal material que se requiere para el revestimiento de fachada, lo que indica cuán importante es gestionar de mejor manera el aprovechamiento de las materias primas utilizadas.

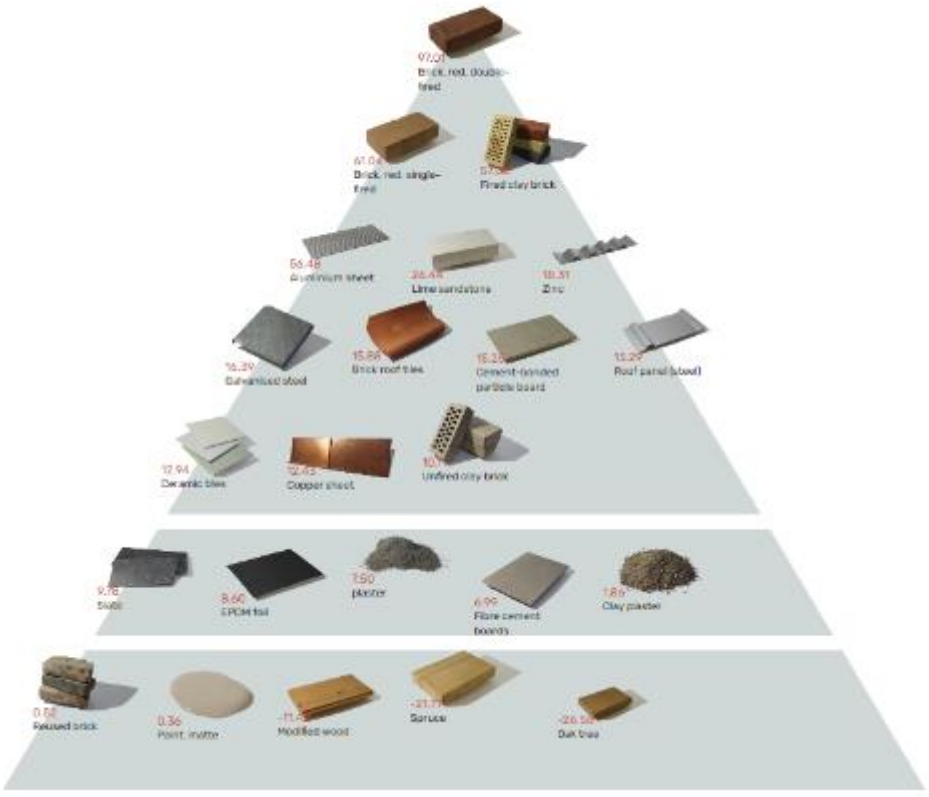


Figura 4.2- Pirámide de los materiales de construcción (unidad funcional: revestimiento de fachada 1m^2). Fuente: (Centre for Industrialised Architecture, s.f.)

CONCLUSIÓN

La mezcla más efectiva dentro de las 5 que se propusieron fue a la mezcla M5 ya que en esta mezcla solo se estandarizaron las cantidades exactas a utilizar las cuales fueron de 3.5 kg de arcilla, 245 gr de aserrín y 1.650 L de agua para un ladrillo, por lo que, para una producción común en los hornos ladrilleros, que va de 24000 a 30000 ladrillos, tomando como referencia una quema de 30000 ladrillos, se necesitarían 105 toneladas de arcilla, 7.35 toneladas de aserrín y 49500 L de agua, y de esta manera, haciendo los cálculos para determinar la cantidad de material requerido para cierta cantidad de ladrillos, ayudará a tener un mejor control en cuanto a las cantidades requeridas de cada material y así evitar el desperdicio de los mismos.

Así mismo, colocar pluma como apelmazante y cascara de huevo para reducir la cantidad de arcilla, también fue una mezcla efectiva, sin embargo, cabe señalar que después de 12 días aproximadamente, la estructura del ladrillo pierde su fuerza, pulverizándose al momento de manipular el ladrillo, ya que la cáscara de huevo no permite que la compactación de los materiales sea perenne, debido a que no es completamente fina y no se logra homogeneizar completamente con los demás materiales, ocasionando que en el ladrillo, el estado de la mezcla final no sea uniforme.

Al estandarizar la cantidad que se requiere exactamente para la producción de un ladrillo, genera un costo-beneficio para los dueños de los hornos tabiqueros, ya que es un ahorro económico al momento de gestionar la compra de la materia prima y también ayudan a la conservación de los suelos y del agua utilizados, así como la mejora de los tiempos de producción.

Se pretende que los responsables de este gremio accedan a la estandarización para impulsar el beneficio, no solo económico, sino también ambiental y social para los trabajadores. Además de brindar un seguro médico a sus trabajadores, con el fin de salvaguardar la salud y bienestar de cada uno de ellos e igualmente

adecuar un equipo de protección personal para prevenir y reducir accidentes en las extremidades superiores e inferiores de los trabajadores, principalmente raspaduras y cortes, permitiendo la movilidad que los trabajadores requieren para desarrollar de forma correcta y cómoda su labor.

BIBLIOGRAFÍA

Afanador-García, N., Guerrero-Gómez, G., & Monroy-Sepúlveda, R. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos ceramicos para mampostería. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 43-58.

Aguilera-Pizano, A. M., Cruz-Aguilar, M., Hernández-Bustos, D. A., Ojeda-Paredes, A. P., Ramírez-Rangel, J. F., Villalpando-Vargas, O., . . . Vázquez-Núñez, E. (2021). Contribución del sector ladrillero a la contaminación atmosférica empleando el modelo gaussiano y su impacto a la salud de la población: caso de estudio de las ladrilleras del Refugio en la ciudad de León, Guanajuato. *XXVI Verano de la Ciencia*, 1-8.

Apaza, M. C. (2013). Impactos socioambientales por la fabricación de ladrillos en Huancayo. *Apunt. Ciencias Sociales*, 117-123.

Bahena-Martínez, F. N., Corral-Avitia , A. Y., Juárez-López, A. L., Rosas-Acevedo, J. L., Reyes-Umaña,, M., & Bedolla-Solano, R. (2020). Estudio socioambiental del sector ladrillero artesanal en el municipio de Coyuca de Benítez, Guerrero. *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, 7-19.

Barraza-Salas, J. H., Martínez-Rizo, A. B., Romero-Paredes, J. J., Esparza-Piña, J. A., Romero-García, J. R., Macías-Cárdenas, T. B., & Moreno-Zatarain, A. (2014). Evaluación de los riesgos y las exigencias laborales que encaran los fabricantes de ladrillo. El caso de Tepic, Nayarit, México. *Revista Médico-Científica de la Secretaría de Salud Jalisco*, 107-113.

Bickel, J. (2012). Políticas integrales para ladrilleras artesanales, un desafío para América Latina. Obtenido de http://www.redladrilleras.net/assets/files/0af297b54d8ab1ffb1d7d3178a4ebccc.pdf

Canavesi, L. E. (s.f.). Protocolo de Ensayos para Materiales de Construcción con Tierra.

Cárdenas-González, B., & Márquez-Estrada, C. (2011). Determinación de emisones de gases de efecto invernadero en base a factores de emisión y monitoreos de eficiencia energética en la comunidad ladrillera El Refugio, León Guanajuato. *Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales en América Latina para mitigar el cambio climático*, 17.

Centre for Industrialised Architecture, C. (s.f.). *The Construction Material Pyramid*. Obtenido de Det Kongelige Akademi. Arkitektur Design Konservering: https://materialepyramiden.dk/#

Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC). (2016). *Manual de capacitacion del sector ladrillero en América Latina.* Perú: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú.

Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Guanajuato. (8 de febrero de 2000). Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato. Periódico Oficial del Estado de Guanajuato. 229 https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2021_GOBIERNO_GTO_Ley_proteccion_preservacion_ambiente_estado_guanajuato_20211123.pdf

Congreso Constitucional del Estado Libre y Soberano de Guanajuato. (28 de diciembre del 2009). Reglamento de la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. 131.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (6 de junio de 2012). Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (28 de enero de 1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (8 de octubre de 2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (1 de abril de 1970). Ley Federal del Trabajo. Diario Oficial de la Federación. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFT.pdf

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (25 de noviembre de 1988). Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la contaminación de la Atmósfera. Diario Oficial de la Federación. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MPCCA_311014.pdf

Constitución Política de los Estados Unidad Mexicanos. (CPEUM). Art. 4. 5 de febrero de 1917. (México).

Cortés, D., Pérez, J., & Camacho-Tamayo, J. (2013). Relación espacial entre la conductividad eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 401-408.

Cova-Orozco, A., Morales-Zendrero, L. A., Ibáñez-Sosa, G., Ochoa-Lomelín, A., Leñero-Ríos, M., Camacho-Zepeda, D. A., . . . Camacho-López, S. (Agosto de 2017). *Proyecto ladrilleras.* Tlaquepaque, Jalisco, México: Proyectos de Aplicación Profesional del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.

Fernández-Linares, L. C., Rojas-Avelizapa, N. G., Roldán-Carrillo, T. G., Ramírez-Islas, M. E., Zegarra-Martínez, H. G., Uribe-Hernández, R., . . . Arce-Ortega, J. M. (2016). *Manuel de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediacion de sitios contaminados.* México, D.F.: Instituto Nacional de Ecologia y la Secretaría de Meido Ambiente y Recursos Naturales.

Fierro-Losada, J. A., Parra-Gómez, A. F., & Vázquez-Olaya, C. A. (2017). *Determinacion del Coeficiente de permeabilidad de las columnas 1,3 y5 del municipio de Girardot- Cundinamarca.* Girardot, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.

Flores, L. A., Cortés, E., Macías, M., García, M. A., & Esquivel, L. (2017). Diseño y manufactura de una máquina ladrillera compacta para comunidades rurales. *Memorias del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e innovación*, 7-12. doi:https://doi.org/10.26457/mclidi.v4i2.1349

Flores-Delgadillo, L., & Alcalá-Martínez, J. R. (2010). *Manual de procedimientos analíticos.* México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012). *The Munsell Color System*. Obtenido de https://munsell.com/

García Ubaque, C. A., García Vaca, M. C., & Vaca Bohóquez, M. L. (2013). Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales. *Tecnura*, 68-81.

García-Córdoba, M. (2013). La disminución de la contaminación ambiental en las ladrilleras del estado de Guanajuato. *REAXION. Ciencia y Tecnología Universitaria*.

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2011). *Acciones para el fortalecimiento de la Industria Ladrillera en el Estado de Guanajuato.* León, Guanajuato: Ecología.

González-Galván, P. C. (2010). La introducción de hornos ecológicos en una comunidad ladrillera: Factores de adopción y resistencia al cambio tecnológico. *Colegio de la Frontera Norte*, 1-120.

Gutiérrez-Ledesma, P., Rivera-Rodríguez, J. L., & Rodríguez-Cabrera, J. J. (09 de Abril de 2021). Conociendo la Industria Ladrillera. (K. N. Cuevas Santillán, Entrevistador)

Hanna Instruments. (s.f.). *Determinación de conductividad.*

Ibarra-Flores, F. (2004). *Diseño de una máquina semiautomática moldeadora de ladrillo de barro de 5.5×13×24 cm de dimensiones, con una capacidad de 500 ladrillos por hora, utilizable en la industria ladrillera.* Obtenido de Bibliotecas UDLAP. Colección de Tesis Digitales. Universidad de las Américas Puebla: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/ibarra_f_f/

IEG. (1998). Norma Técnica Ecológica NTE-IEG-001/98, Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la instalación y reubicación de hornos ladrilleros en el estado y las condiciones para su operación y para la elaboración y cocido de piezas hechas con arcillas para la construcción. Instituto de Ecología de Guanajuato. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato. México. 21 de julio de 1998.

Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. (2013). *Diagnostico Integral sobre el Sector Ladrillero en Guanajuato.* León, Guanajuato.

Instituto de Ecología, d. E. (2012). *Manual de buenas prácticas en ladrilleras artesanales.* León, Guanajuato: Imprenta Ramses.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, I. (2016). *Análisis de Mercado del Sector de la Construcción y Proyecto Piloto a Nivel Región Basado en un Potafolio de Políticas Públicas con el Obejtico de reducir los CCVC de Ladrilleras Artesanales en México.* Ciudad de México: Imprenta del Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas.

León-Andrade, M., Ortega-Hernández, A., & Rosas-Vargas, R. (2020). Introducción de procesos de innovación para corregir los problemas económicos de la Industria Ladrillera en el Municipio de Yuriria, Guanajuato. *IIEc Repositorio Universitario*.

Lora, S. (2012). *Manual de practicas de laboratorio de suelos.* Bogotá, Colombia: UDCA.

Maquera, Y. L. (2017). Contaminantes atmosféricos emitidos por hornos ladrilleros artesanales y su efecto en la salud humana y la vegetación. *Eventos Científicos de la Universidad Peruana Unión*, 54-67.

Moreno, R. H., Blanquer, J. M., & Ibañez, A. S. (2010). El color del suelo. *Universidad Politecnica de Valencia*. Obtenido de http://hdl.handle.net/10251/8008

Niño, M. V., & Fair-Quintanilla, Y. (2018). Una visión global de la contaminación atmosférica en el proceso industrial ladrillero. impactos, políticas y alternativas. *Ingeniería Ambiental*, 118-132.

ONNCCE (2013). Norma Mexicana NMX-C-036-ONNCCE-2013. Industria de la construcción-Mampostería-Resistencia a la compresión de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones y adoquines- Método de ensayo. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. Diario Oficial de la Federación, México. 03 de julio de 2013.

ONNCCE (2013). Norma Mexicana NMX-C-441-ONNCCE-2013. Industria de la construcción-Mampostería -Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso no estructural-Especificaciones y métodos de ensayo. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación, S.C. Diario Oficial de la Federación, México. 31 de enero de 2014.

Pérez-Escobar, J. A. (2013). La Industrialización del Ladrillo de 1898 a 1910. *Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura del posgrado de la facultadad de Arquitectura*.

Rubio-Gutierréz, A. M. (2010). *La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los Alcornocales.* Sevilla, España: Universidad de Sevilla.

Sarmiento, J. A. (2020). La industria del ladrillo y la urbanización de San Cristóbal, 1910-1940. *Anuario Colombiano de Historia Social y de la Cultura, 47*(1), 139-167. doi:https://doi.org/10.15446/achsc.v47n1.83148

SCT (2002). N-CMT-2-01-001/02. CMT. Características de los materiales. Materiales para mampostería. Ladrillos y bloques cerámicos. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México. 09 de diciembre de 2002.

SEMARNAT (2000). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 17 de octubre del 2000.

Soriano-Soto, M. (s.f.). *Conductividad eléctrica en suelos.* Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

Vargas-González, M. J. (2019). Potencialidades y limitantes del sistema productivo ladrillero en el desarrollo local sostenible de San Bartolomé Tlaltelulco, Metepec, Estado de México. *Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Planeación Urbana y Regional*.

ANEXOS

A-1 Guía de apoyo para las entrevistas

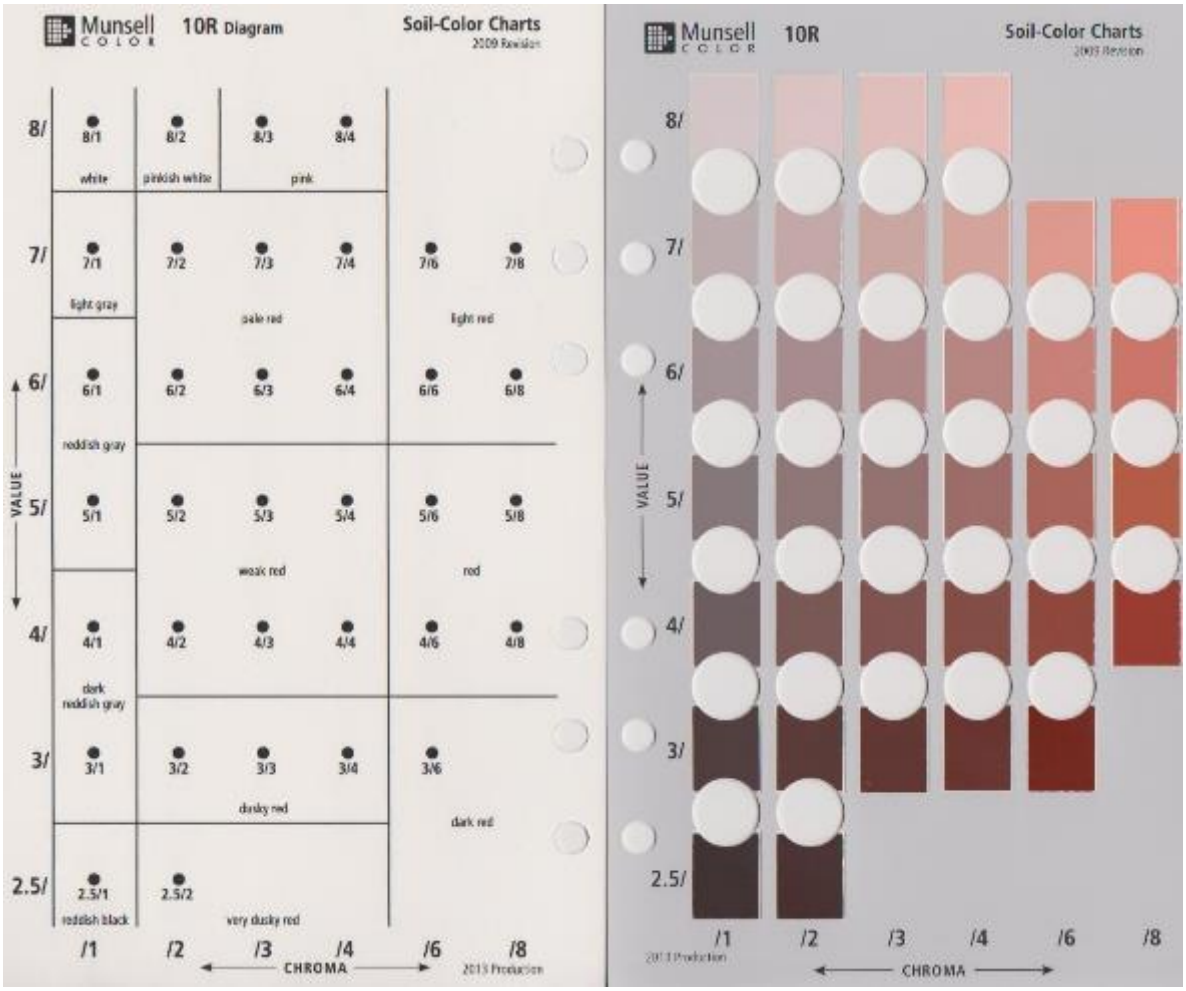
Datos del entrevistado

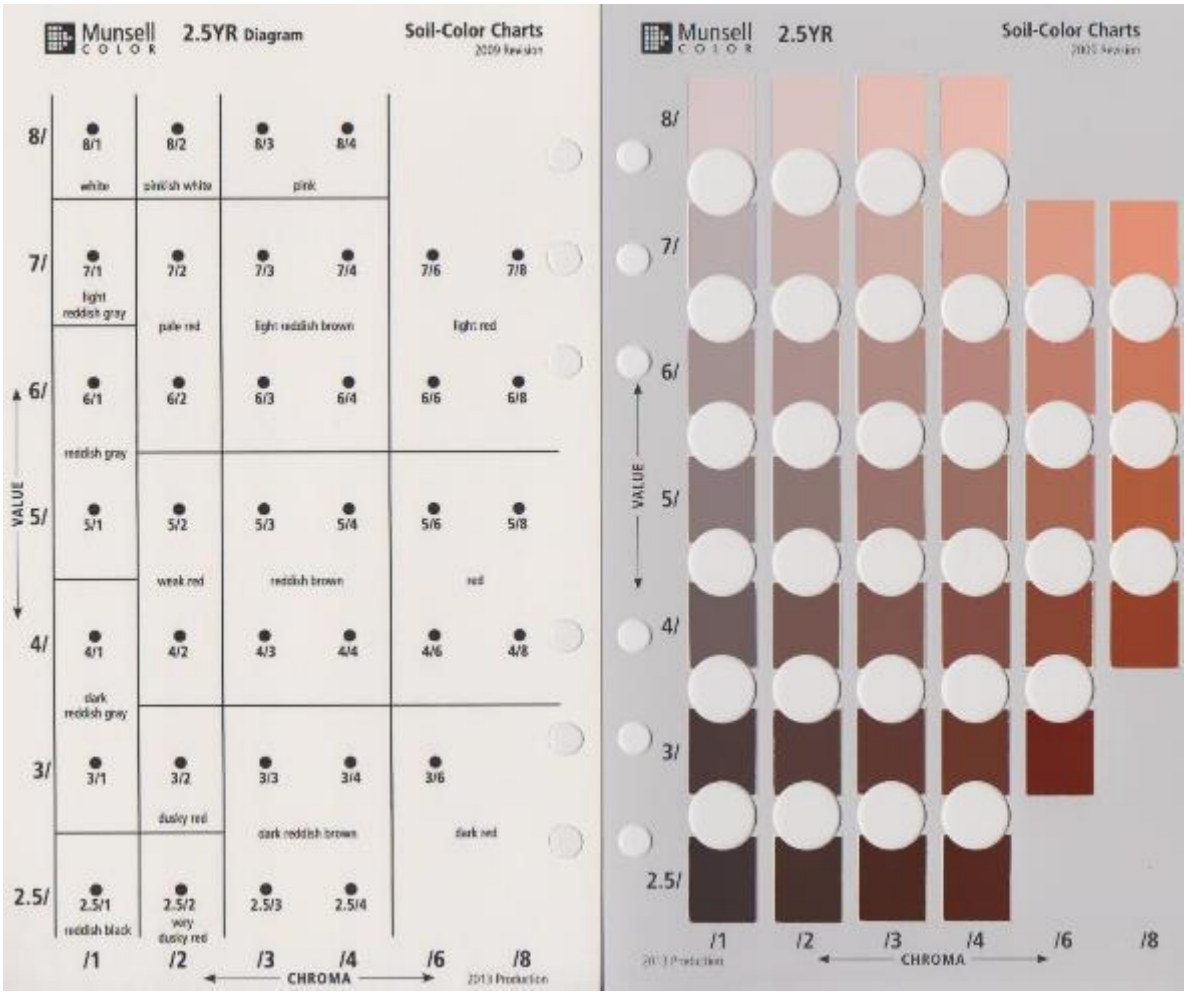
- Edad _____
- Sexo _____
- Estado civil _____
- Grado de estudios _____
- Años viviendo en Abasolo _____
- Ocupación actual _____

1. ¿Cómo es el proceso de producción de un ladrillo?
2. ¿Qué materiales utilizan?
3. ¿Qué características debe tener el suelo que utilizan para la elaboración del ladrillo?
4. ¿Cuánta agua se requiere para preparar la mezcla? Especificar la cantidad y capacidad de los botes que utilizan
5. ¿Qué características debe contener la mezcla?
6. ¿De dónde se obtiene la materia prima que utilizan?
7. ¿Han cambiado los materiales que utilizaban anteriormente comparados con los que utilizan actualmente? ¿Por qué?
8. ¿En algún momento han tenido que cambiar los materiales y/o procesos de producción? ¿Por qué?
9. En caso de que utilicen aserrín en el proceso, ¿Cuál es el beneficio que tiene en el proceso? ¿Cuánto debe utilizarse? ¿Qué pasa si coloca una cantidad mayor de aserrín a la establecida?
10. ¿Qué herramientas se utilizan para hacer los ladrillos?
11. ¿Cuánto tiempo deben estar expuestos los ladrillos al sol? ¿Perjudica en algún aspecto estar mucho tiempo expuestos?
12. Para levantar y raspar los ladrillos, ¿deben tener características específicas los ladrillos? ¿Qué pasa si se “levantan y raspan” después de un tiempo muy prolongado?
13. ¿Cuál es la capacidad de los hornos ladrilleros?
14. ¿Cuánto tiempo deben permanecer los ladrillos en el horno?
15. ¿Cómo deben colocarse los ladrillos para su quema? ¿Cómo afecta acomodarlos de manera distinta?
16. ¿Qué tipo de combustible utilizan? En caso de ser un combustible poco amigable con el ambiente ¿Por qué se utiliza ese tipo de combustible? ¿han pensado en cambiarlo?
17. ¿Cuáles son los mejores días, horas, o meses para producir ladrillo? ¿Por qué?
18. ¿Cuánto ladrillo se produce aproximadamente en un día, en una semana y en un mes?
19. ¿Cómo se distribuye el producto?

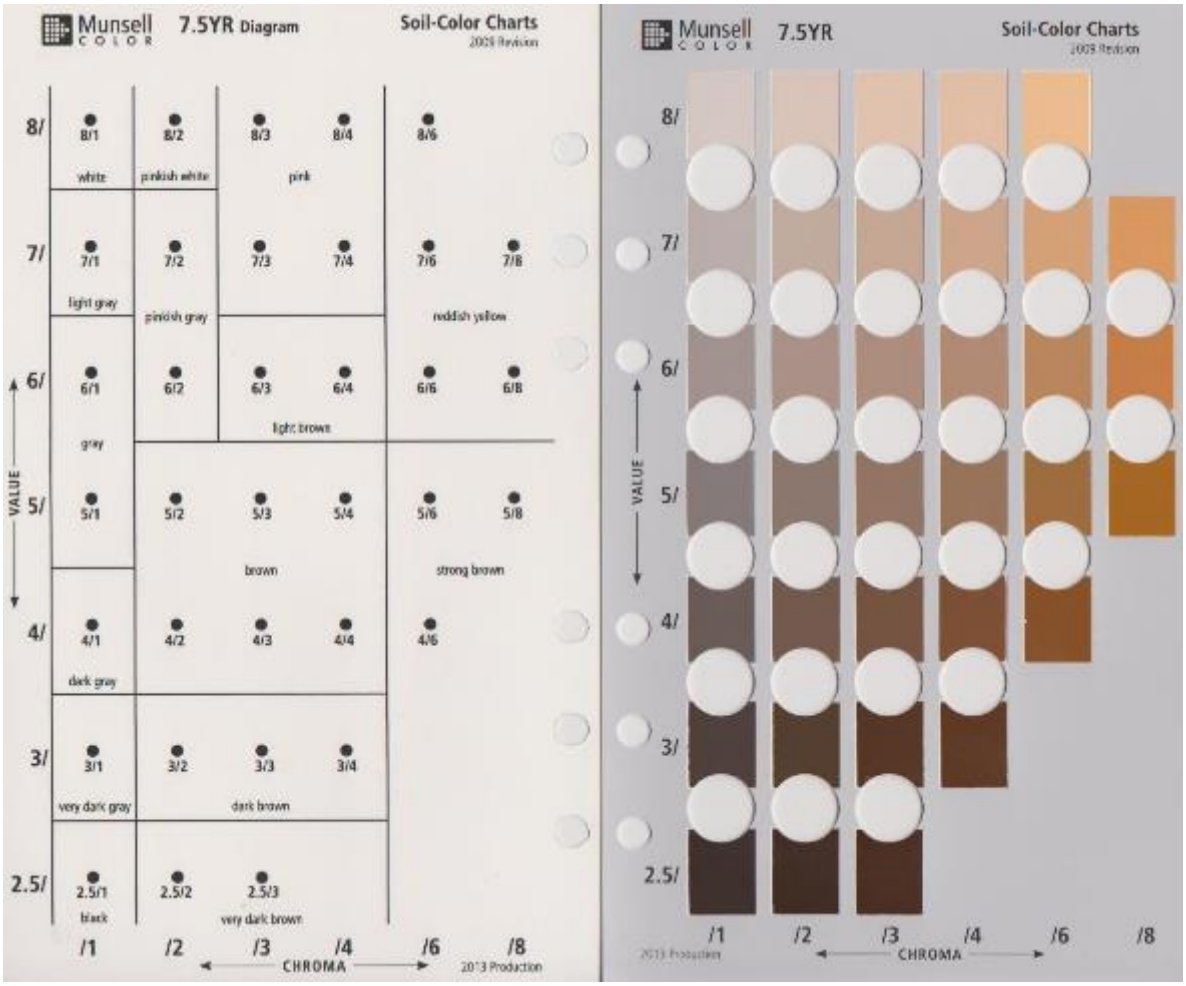
20. ¿Cuáles son las características clave que un ladrillo debe tener para decir que es de buena calidad?
21. ¿Considera que los ladrillos son mejores que los producidos en otra entidad? ¿Por qué considera que los ladrillos son tan conocidos o vendidos?
22. ¿Su salud se ha visto afectada por trabajar dentro de esta industria?
23. ¿Qué afectaciones musculares le ha traído trabajar en esta industria?
24. ¿Se le han desarrollado alergias o algún problema respiratorio por trabajar en esta industria?

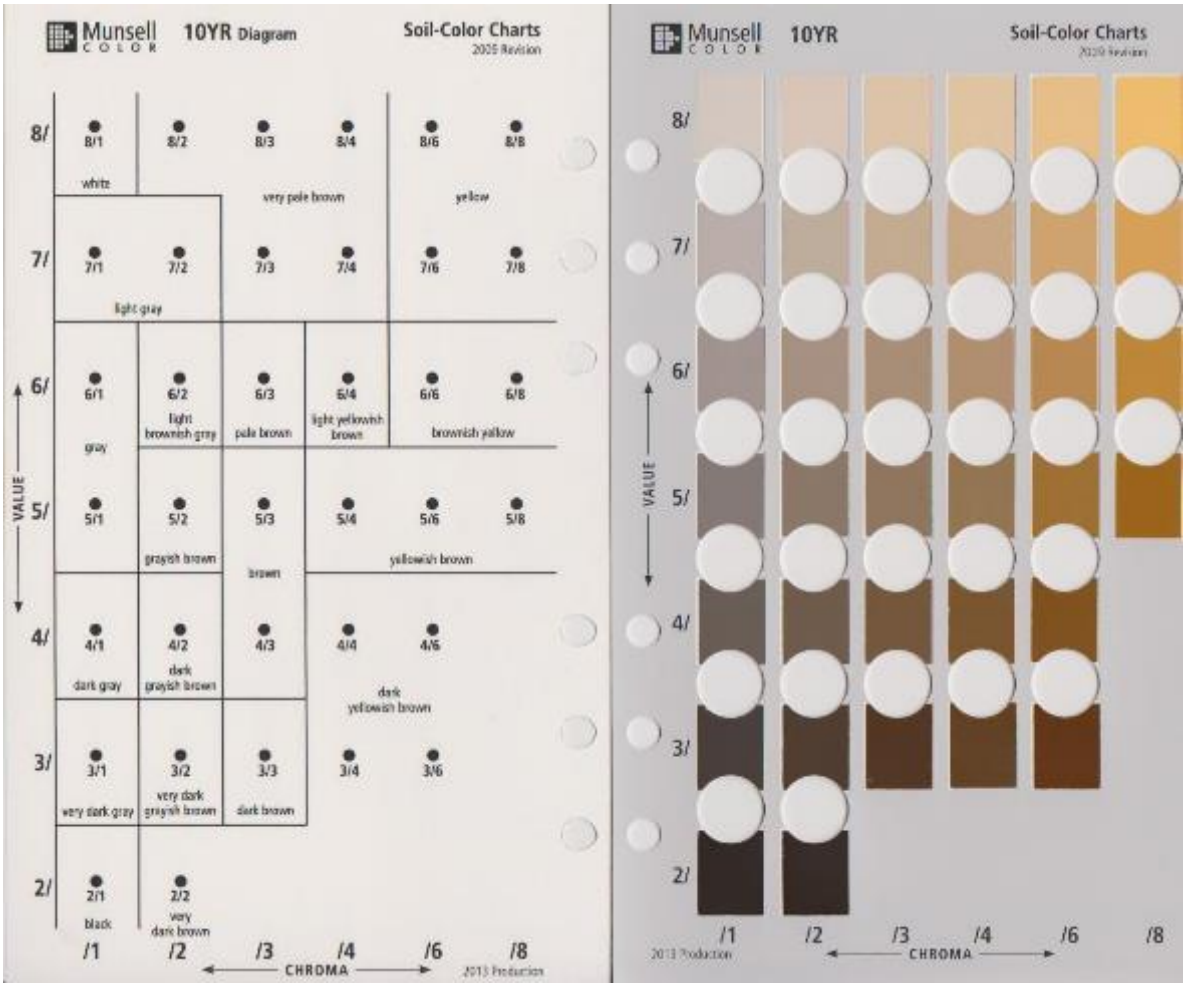
A-2 Tablas de color Munsell

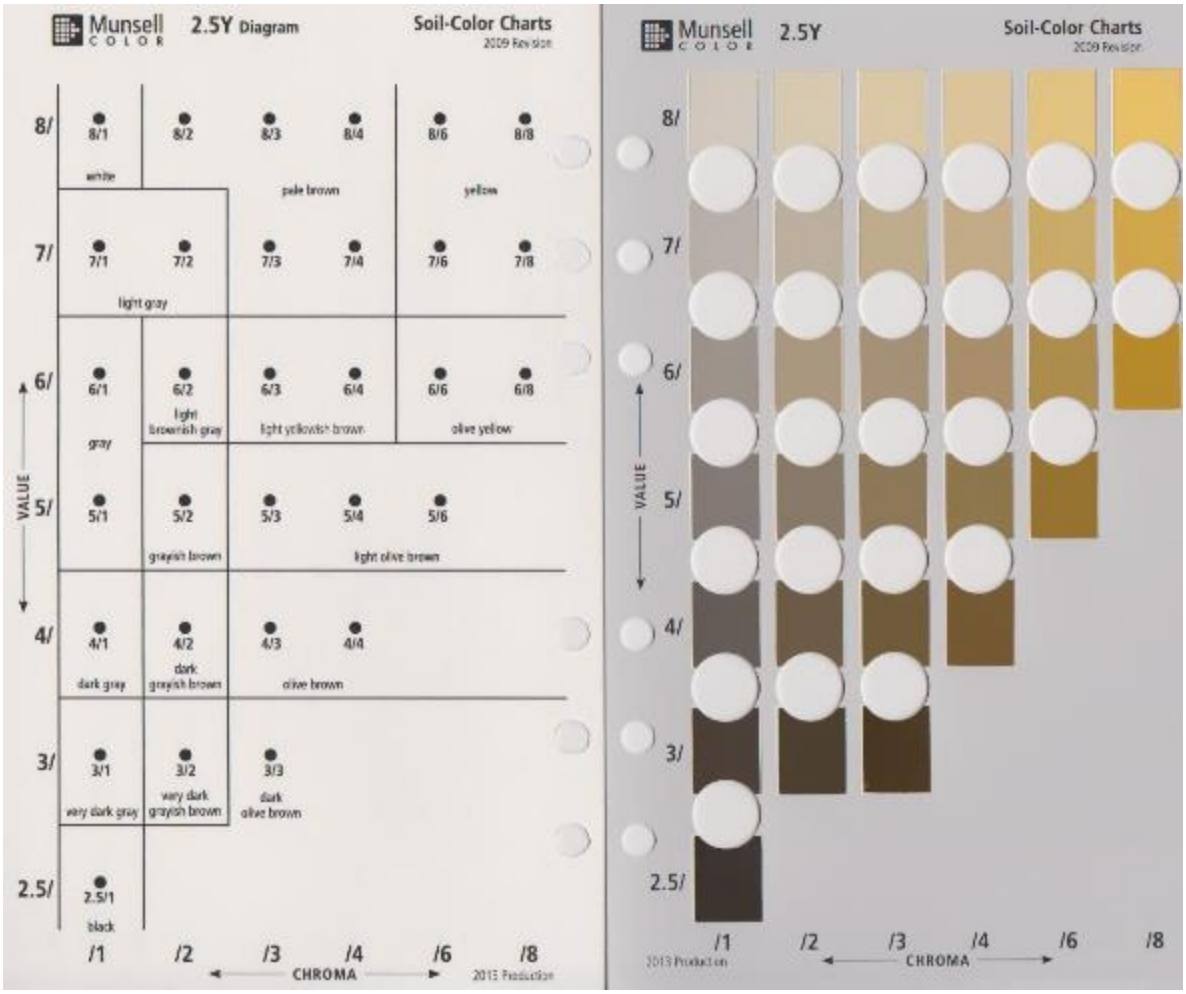



Munsell COLOR
2.5YR Diagram
Soil-Color Charts
2009 Revision
8/
7/
6/
5/
4/
3/
2.5/
VALUE
8/1
white
8/2
pinkish white
8/3
8/4
pink
7/1
light reddish gray
7/2
pale red
7/3
7/4
light reddish brown
7/6
7/8
light red
6/1
reddish gray
6/2
6/3
6/4
6/6
6/8
5/1
5/2
weak red
5/3
5/4
reddish brown
5/6
5/8
red
4/1
dark reddish gray
4/2
4/3
4/4
4/6
4/8
3/1
3/2
dusky red
3/3
3/4
dark reddish brown
3/6
dark red
2.5/1
reddish black
2.5/2
very dusky red
2.5/3
2.5/4
/1
/2
/3
/4
/6
/8
CHROMA
2013 Production
Munsell COLOR
2.5YR
Soil-Color Charts
8/
7/
6/
5/
4/
3/
2.5/
VALUE
/1
/2
/3
/4
/6
/8
CHROMA


Munsell COLOR
5YR Diagram
Soil-Color Charts
2009 Revision
8/
7/
6/
5/
4/
3/
2.5/
VALUE
8/1 white
8/2 pinkish white
8/3 8/4 pink
7/1 light gray
7/2 pinkish gray
7/3 7/4 7/6 7/8 reddish yellow
6/1 gray
6/2
6/3 6/4 light reddish brown
6/6 6/8
5/1
5/2 reddish gray
5/3 5/4 reddish brown
5/6 5/8 yellowish red
4/1 dark gray
4/2 dark reddish gray
4/3 4/4 4/6
3/1 very dark gray
3/2 3/3 3/4 dark reddish brown
2.5/1 black
2.5/2
/1 /2 /3 /4 /6 /8
CHROMA
2013 Production
Munsell COLOR
5YR
Soil-Color Charts
2009 Revision
8/
7/
6/
5/
4/
3/
2.5/
VALUE
/1 /2 /3 /4 /6 /8
CHROMA


Munsell COLOR 7.5YR Diagram
Soil-Color Charts
2009 Revision
8/
7/
6/
5/
4/
3/
2.5/
VALUE
8/1 white
8/2 pinkish white
8/3
8/4
pink
8/6
7/1 light gray
7/2 pinkish gray
7/3
7/4
7/6
7/8 reddish yellow
6/1 gray
6/2
6/3
6/4 light brown
6/6
6/8
5/1
5/2
5/3
5/4 brown
5/6
5/8 strong brown
4/1 dark gray
4/2
4/3
4/4
4/6
3/1 very dark gray
3/2
3/3
3/4 dark brown
2.5/1 black
2.5/2
2.5/3 very dark brown
/1 /2 /3 /4 /6 /8
CHROMA
2013 Production
Munsell COLOR 7.5YR
Soil-Color Charts
2009 Revision
8/
7/
6/
5/
4/
3/
2.5/
VALUE
/1 /2 /3 /4 /6 /8
CHROMA


Munsell COLOR
10YR Diagram
Soil-Color Charts
2009 Revision
8/1
8/2
8/3
8/4
8/6
8/8
white
very pale brown
yellow
7/1
7/2
7/3
7/4
7/6
7/8
light gray
6/1
6/2
6/3
6/4
6/6
6/8
gray
light brownish gray
pale brown
light yellowish brown
brownish yellow
5/1
5/2
5/3
5/4
5/6
5/8
grayish brown
brown
yellowish brown
4/1
4/2
4/3
4/4
4/6
dark gray
dark grayish brown
dark yellowish brown
3/1
3/2
3/3
3/4
3/6
very dark gray
very dark grayish brown
dark brown
2/1
2/2
black
very dark brown
VALUE
CHROMA
/1
/2
/3
/4
/6
/8
2013 Production
Munsell COLOR
10YR
Soil-Color Charts
2013 Production


Munsell COLOR
2.5Y Diagram
Soil-Color Charts
2009 Revision
8/
7/
6/
5/
4/
3/
2.5/
VALUE
8/1
white
8/2
8/3
8/4
pale brown
8/6
8/8
yellow
7/1
7/2
light gray
7/3
7/4
7/6
7/8
6/1
gray
6/2
light brownish gray
6/3
6/4
light yellowish brown
6/6
6/8
olive yellow
5/1
5/2
grayish brown
5/3
5/4
5/6
light olive brown
4/1
dark gray
4/2
dark grayish brown
4/3
4/4
olive brown
3/1
very dark gray
3/2
very dark grayish brown
3/3
dark olive brown
2.5/1
black
/1
/2
/3
/4
/6
/8
CHROMA
2013 Production
Munsell COLOR
2.5Y
Soil-Color Charts
2009 Revision
8/
7/
6/
5/
4/
3/
2.5/
VALUE
/1
/2
/3
/4
/6
/8
CHROMA
2013 Production