



Análisis de las Causas de los Defectos en la Fabricación de Teja de Arcilla Artesanal (Analysis of the Causes of Defects in the Manufacture of Artisanal Clay Tiles)

Julio Enrique Reyes Vázquez¹; Juan José Moreno Ruiz² y Susana Reyes Vázquez³

¹ TecNM - Campus Ciudad Hidalgo, ereyes@cdhidalgo.tecnm.mx,
<https://orcid.org/0000-0003-4636-5139>

² TecNM - Campus Ciudad Hidalgo, ereyes@cdhidalgo.tecnm.mx,
<https://orcid.org/0000-0003-1317-2584>

³ TecNM - Campus Ciudad Hidalgo, ereyes@cdhidalgo.tecnm.mx,
<https://orcid.org/0000-0003-1549-7489>

Información del artículo revisado por pares

Fecha de aceptación: 2022

Fecha de publicación en línea: marzo-2022

DOI: <https://doi.org/10.29105/vtga8.2-251>

Resumen

El proyecto de investigación presenta el análisis de una problemática en los factores de calidad en el producto final en la elaboración artesanal de teja de arcilla. El objetivo general es, la identificación y análisis de los factores que influyen en el proceso de fabricación de teja roja para diseñar e implementar mejoras que permitan elevar su calidad. El problema identificado hace referencia a cómo el agrietamiento de teja roja afecta a la empresa manifestando disminución en su cartera de clientes, ocasionando pérdidas monetarias y desperdicio de materia prima. En la metodología de investigación empleada, se encuentran el uso de investigación de campo para identificar las causas principales de los defectos en el proceso. Los factores que siguen causando defectos son la cocción y el transporte, llegando a la conclusión de que las causas principales de los defectos son la preparación de la mezcla y el secado. Se logró disminuir el porcentaje de defectos de 5% a menos del 1%. El análisis de las causas de los defectos en el proceso de fabricación artesanal de teja, trae consigo un impacto económico en las empresas de la región, directamente en las ganancias obtenidas por millar de unidades, en promedio del 5 al 10%, que representa entre \$100 y \$150 por millar, además se consideraría

Abstract

The research project presents the analysis of a problem in the quality factors in the final product in the artisanal production of clay tiles. The general objective is the identification and analysis of the factors that influence the red tile manufacturing process to design and implement improvements that allow it to increase its quality. The problem identified refers to how the cracking of the red tile affects the company, manifesting a decrease in its client portfolio, causing monetary losses and waste of raw material. In the research methodology used, there is the use of field research to identify the main causes of defects in the process. The factors that continue to cause defects are cooking and transportation, concluding that the main causes of defects are the preparation of the mixture and drying. It was possible to reduce the percentage of defects from 5% to less than 1%. The analysis of the causes of the defects in the tile artisanal manufacturing process brings with it an economic impact on the companies in the region, directly on the profits obtained per thousand units, on average from 5 to 10%, which represents between \$100 and \$150 per thousand, it would also be considered a quality supplier for customers, therefore it would

un proveedor de calidad para los clientes, por lo tanto aumentaría su mercado. El identificar las causas de los defectos es muy importante para los fabricantes, los productores se pueden ver afectados en la demanda de ventas por la calidad que se está ofreciendo, también los defectos en el proceso de quemado de material representan pérdida total.

increase its market. Identifying the causes of defects is very important for manufacturers, producers can be affected in the demand for sales by the quality that is being offered, also the defects in the material burning process represents total loss.

Palabras clave: Factores, Calidad, Producto, Proceso, Arcilla.

Códigos JEL: C10, D80, L15

Key words: Factors, Quality, Product, Process, Clay.

JEL Codes: C10, D80, L15

1. Introducción.

La teja de barro son piezas fabricadas en forma de canal; son usadas para proteger exteriores como los techos y sirven para no dejar entrar agua de lluvia, son delgadas placas ya sea en presentación plana o curvas, con materiales de tierra arcillosa mezcladas regularmente con arena, que se endurecen a través de un proceso de cocción. (Dolors, 2017)

Su forma de cada pieza y sus materiales para fabricación son muy variables: geométricamente tienen formas regulares o irregulares, planas o curvas, lisas o con acanaladuras y salientes; sus materiales suelen ser cerámicas, elaborada con barro cocido. (González, 2012)

El principal objetivo de cualquier empresa es generar ganancias mediante el producto y/o servicio que brindan a los interesados, por lo que las empresas dedicadas a la elaboración artesanal de tejas de arcilla no son la excepción, sin embargo en la actualidad el producto que oferta está presentando ciertos inconvenientes que afectan directamente a sus ganancias y con la finalidad de conocer los factores que influyen en el proceso de fabricación de teja roja artesanal, se realiza el presente proyecto de investigación, enfocado a resolver la problemática que se presenta actualmente en dicho sector, la cual consiste en pérdidas monetarias debido a que los pedidos de teja no se cumplen en tiempo y forma, dicha problemática radica en el agrietamiento del producto terminado, por lo que se pretende identificar el factor que más influye en el proceso de fabricación.

El propósito de recabar información verídica para dar respuesta a esta y otras interrogantes de investigación del presente proyecto. La metodología empleada se constituye por tres diferentes tipos de investigación las cuales son: investigación documental, de campo y cuantitativa cada una de ellas con sus respectivas técnicas e instrumentos de investigación.

En la investigación se indaga en el marco teórico y marco conceptual se analizaron proyectos relacionados con el estudio de fabricación de teja roja artesanal y de los factores que influyen en el proceso que abordan las empresas alfareras, además se mostraron conceptos clave para facilitar la comprensión del proyecto, tales como arcilla, teja, clima, entre otros.

Artículo realizado en el área metropolitana de Cúcuta (Colombia), trata sobre las características de las materias primas usadas por las empresas del sector cerámico, es rica en materiales arcillosos, calizas y feldespatos, los cuales son las materias primas fundamentales del proceso de fabricación.

- Se caracterizan los materiales para conocer sus propiedades y determinar con ello algún diferenciador.
- Se hace el reconocimiento de los materiales naturales, por medio de la difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, calcimetría, análisis térmico gravimétrico y calorimetría diferencial de barrido.
- Emplearon la técnica del hidrómetro para el análisis granulométrico.
- La resistencia mecánica a la flexión como indicadores de la capacidad de vitrificación de cada material arcilloso evaluado (a 1.080 °C y a 1.140 °C).

“Los resultados de tal estudio permitió la caracterización de la caliza, permitiendo identificar las influencias en el proceso para su composición”. (Alvarez-Rozo, 2018)

Es un estudio realizado en el conformado de una arcilla del Zulia y la influencia de la molienda húmeda en el comportamiento estructural y mecánico.

- Se aplicó la técnica de conformado por extrusión
- Se llevó la sinterización entre 900 °C hasta 1200 °C.
- se determinaron probetas por molienda en seco y en húmedo.
- Se evaluó el comportamiento estructural, resistencia mecánica.

“Los resultados obtenidos indican mejoras en propiedades estructurales y mecánicas con descensos hasta del 18,8% en la porosidad e incrementos hasta de un 72, 1% en resistencia a cargas externas, incrementando el valor comercial para productos de revestimiento y mampostería”. (Quintero, 2019).

Characterization of andalusite rich schist deposits from Oulmes region in central Morocco: Valorization in traditional ceramics

Caracterización de yacimientos esquistosos ricos en andalucita de la región de Oulmes en Marruecos central: Valorización en la cerámica tradicional

- La investigación trata de la caracterización de la arcilla para su potencial aplicación en la cerámica tradicional. El polvo fue sinterizado hasta 1200 °C, se analizó de acuerdo con especificaciones de normativas europeas, su comportamiento térmico, resistencia a la flexión, absorción de agua, densidad aparente y microestructura.
- En la investigación se realizó la caracterización de la arcilla en las diferentes regiones idóneas para la industria de la arcilla para su explotación, la arcilla fue compactada para el estudio y los resultados arrojaron un contenido medio considerable de metal, siendo principalmente recomendable para la fabricación de material utilizado en la construcción de estructuras como el ladrillo y la teja. (Harrati, 2022).

Geopolimerización activada con álcali de una mezcla de ladrillos de desecho y arcilla cruda de bajo contenido ilítico. Una alternativa a la cerámica tradicional

- Analiza en la investigación se un proceso alternativo al tradicional tratamiento térmico, tomando en cuenta un enfoque más sostenible, el estudio presenta la primera activación alcalina conocida de la mezcla de ladrillos de arcilla cruda y arcilla residual utilizando las proporciones de sólido a líquido, se realizaron varios conjuntos experimentales (tiempo de secado y secado a diferentes temperaturas).
- Se analizaron muestras de teja y de ladrillo, el estudio revela que la producción de geopolímeros cerámicos a partir de residuos de ladrillos es posible, pero se requiere una mayor optimización de la solución activadora y los parámetros de curado.

Para el estudio se añadió a la mezcla un polvo de ladrillo de desecho al 60% en masa como componente que reducía el contenido de minerales arcillosos cristalinos. También se esperaba que la presencia de carbonatos en la arcilla cruda y algo de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el ladrillo de desecho mejora la resistencia mecánica de los productos. (Vacic, 2022)

Determinar el nivel de temperatura requerido para la cocción de teja roja

El nivel de temperatura ideal para la cocción de la arcilla para teja roja es de 1050°C a 1200°C ya que a continuación, se presenta el ideal de cocción que establecen diferentes autores para la arcilla roja, de la cual se realiza la teja roja, ladrillo entre otros materiales.

La temperatura de cocción de la arcilla roja es de 1050°C con una velocidad de calentamiento de 2°C/min, el tiempo de permanencia es de 2 horas para asegurar que se den las transformaciones en la arcilla. Pero además la arcilla presenta un comportamiento típico durante calentamiento hasta 1200°C. (JOSÉ & PEDRO, 2009).

Según un estudio de muestra de arcilla roja se halló en su composición química y las fases cristalinas; la distribución granulométrica y análisis térmicos así también se determinó, la densidad y los límites de Atterberg; finalmente se evaluaron en probetas tratadas térmicamente a 1050° C y las propiedades físicas de las muestras como el color, porosidad aparente y densidad específica. El análisis permitió identificar las fases cristalinas asociadas a la muestra de arcilla, encontrando fases

minerales características de este tipo de materiales.

Las contracciones en cocido para la arcilla son elevadas y tienen un marcado aumento a partir de los 1050°C, sin terminar de contraer a 1200°C. Este comportamiento es típico en materiales de características arenosas (Barba et al., 2004).

Teniendo en consideración que la temperatura de cocción de la arcilla roja es la misma para tabique y teja roja, se presenta el siguiente apartado donde un autor establece la temperatura que utiliza en la fabricación de ladrillo rojo hecho a base de arcilla roja, los ladrillos son llevados a hornos de cocción artesanales durante un periodo que oscila entre 2 y 3 días a una temperatura máxima que varía entre 800 y 1300 °C, hornos que principalmente funcionan con gas natural, carbón, y leña entre otros. (Gallegos, Lang y Fernández, 2006).

1.1. Pirometro

Los pirómetros son dispositivos medidores de temperatura que usan la radiación térmica para registrar las temperaturas. Estos dispositivos tienen la ventaja de poder medir temperaturas de superficies u objetos sin tocarlas.

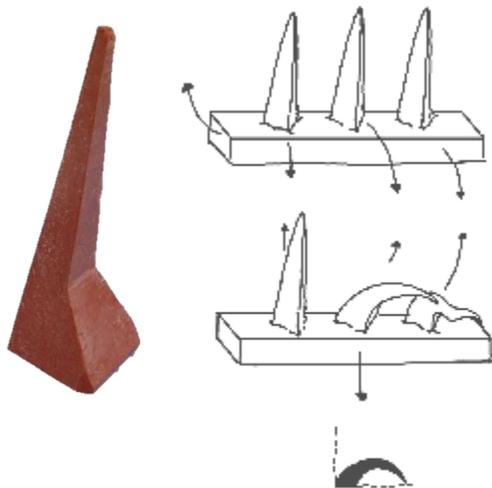
Se emplea sobre todo para medir objetos o sustancias en movimiento, o en lugares donde se requiere una medición sin contacto. Se usa, por ejemplo, para medir la temperatura en hornos, metales incandescentes o gases.

Tabla 1 Instrumento.

Instrumento: pirometro	
	
Intervalo temperatura mínima	600-900 grados celsius
Intervalo temperatura máxima	1500-3000 grados celsius
Tamaño	146 x 104 x 43 mm
Peso	163 gr
Costo	\$3200
Componentes	<p>Un sistema óptico que recoge la energía emitida por el objeto.</p> <p>Un detector que convierte dicha energía en una señal eléctrica.</p> <p>Un sistema que ajuste la emisividad para hacer coincidir la calibración del termómetro con las características de emisión específicas del objeto.</p> <p>Un circuito de compensación de la temperatura ambiente que garantizaba que las variaciones de temperatura dentro del sensor debidas a las condiciones ambientales no afectaran a la precisión.</p>
Características	<p>Medición sin contacto</p> <p>Alta precisión</p> <p>Amplio espectro de °c a medir</p> <p>Rápida velocidad de respuesta</p> <p>Bajo costo de uso y mantenimiento.</p> <p>Enorme versatilidad y posibilidad de usos debido al trabajo a distancia.</p> <p>El pirómetro mide la temperatura a través de la radiación.</p>

Tabla 2. *cono pirométrico.***CONO PIROMÉTRICO**

Los "conos" son unas pequeñas pirámides hechas de una pasta a base de arcilla y fundentes (como un esmalte) estudiada de tal manera que se funde (se dobla) a determinada temperatura.

**Especificaciones**

Hay conos para todas las temperaturas.

El número indica la temperatura de fusión.

Los conos se colocan delante de la mirilla del horno, para poder verlos según avanza la quema.

Cuando se doblan, se ha alcanzado la temperatura prevista.

Costo \$300 a 500 dependiendo el tamaño y la capacidad temperatura.

Temperature Equivalents for Orton Pyrometric Cones (°C) Cone Numbers 022-14



Heating Rate* Firing Speed Cone #	Self Supporting Cones						Large Cones				Small
	Regular – SSB			Iron Free – SSK			Regular – LRB		Iron Free – IFB		Regular
	15°C/hr	60°C/hr	150°C/hr	15°C/hr	60°C/hr	150°C/hr	60°C/hr	150°C/hr	60°C/hr	150°C/hr	300°C/hr
	Slow	Medium	Fast	Slow	Medium	Fast	Medium	Fast	Medium	Fast	Fast**
022		586	590								630
021		600	617								643
020		626	638								666
019	656	678	695				676	693			723
018	686	715	734				712	732			752
017	705	738	763				736	761			784
016	742	772	796				769	794			825
015	750	791	818				788	816			843
014	757	807	838				807	836			870
013	807	837	861				837	859			880
012	843	861	882				858	880			900
011	857	875	894				873	892			915
010	891	903	915	871	886	893	898	913	884	891	919
09	907	920	930	899	919	928	917	928	917	926	955
08	922	942	956	924	946	957	942	954	945	955	983
07	962	976	987	953	971	982	973	985	970	980	1008
06	981	998	1013	969	991	998	995	1011	991	996	1023
05½	1004	1015	1025	990	1012	1021	1012	1023	1011	1020	1043
05	1021	1031	1044	1013	1037	1046	1030	1046	1032	1044	1062
04	1046	1063	1077	1043	1061	1069	1060	1070	1060	1067	1098
03	1071	1086	1104	1066	1088	1093	1086	1101	1087	1091	1131
02	1078	1102	1122	1084	1105	1115	1101	1120	1102	1113	1148
01	1093	1119	1138	1101	1123	1134	1117	1137	1122	1132	1178
1	1109	1137	1154	1119	1139	1148	1136	1154	1137	1146	1184
2	1112	1142	1164				1142	1162			1190
3	1115	1152	1170	1130	1154	1162	1152	1168	1151	1160	1196
4	1141	1162	1183				1160	1181			1209
5	1159	1186	1207				1184	1205			1221
5½	1167	1203	1225								
6	1185	1222	1243				1220	1241			1255
7	1201	1239	1257				1237	1255			1264
8	1211	1249	1271				1247	1269			1300
9	1224	1260	1280				1257	1278			1317
10	1251	1285	1305				1282	1303			1330
11	1272	1294	1315				1293	1312			1336
12	1285	1306	1326				1304	1324			1355
13	1310	1331	1348				1321†	1346†			
14	1351	1365	1384				1388†	1366†			

Cones made with red iron oxide
Cones made without iron oxide

* Heating Rate during the last 100°C of Firing ** Fired in a gas kiln

Pyrometric cones have been used to monitor ceramic firings for more than 100 years. They are useful in determining when a firing is complete, if the kiln provided enough heat, if there was a temperature difference in the kiln or if a problem occurred during the firing.

Cones are made from carefully controlled compositions. They bend in a repeatable manner (over a relatively small temperature range - usually less than 40° F). The final bending position is an indication of how much heat was absorbed.

Behavior of Pyrometric Cones

Pyrometric cones deform due to the formation of glass and the pull of gravity as they are heated to their designed operating temperature. This is known as pyro plastic deformation. Careful control over the shape and composition allows Orton to provide a standardized product that reliably performs to known heating conditions. Cones bend and deform in an arc as they start to develop glass within.

This behavior is gradual at first, and hastens as the cone reaches its maximum operating temperature. The time interval from when a cone begins to deform until the tip of the cone reaches the shelf is typically 15-25 minutes. The interpretation of the location of the tip of the cone along the bending arc can be done in a couple of ways. One method of interpretation is to correlate the position of the tip to the numbers on a clock face. Initially, the cone is in the 1 o'clock position and continues to deform until the tip is in contact with a shelf, the 6 o'clock position. A more precise method of interpretation is to use the Orton measuring template. The template measures the angle of deformation along a protracted scale numbered from 0 to 90°. The endpoint temperature for a cone is considered to be when the tip is measured with a 90° bend, or in the 5 o'clock position.

The difference in temperature between cones in the 90° (or 5 o'clock) position to one where the tip is touching the shelf is typically only a few degrees and is considered insignificant.

Temperatures shown on the Orton charts were determined using precisely controlled kilns in an

air atmosphere. Cones do not measure temperature alone. They measure heatwork, the combined effect of time and temperature. The role that heating rates have on the endpoint temperature is observed to be that the temperature required to cause a cone to bend will be higher for faster heating rates and lower for slower rates. Heating rates that simulate fast, medium, or slow firings were tabulated.

Temperatures shown for small cones were determined using a heating rate of 300C/hr (540F/hr) in a gas fired kiln. Small cones will come close to duplicating the results of self-supporting cones if mounted upright, properly simulating the position of a self-supporting cone. Typically, small cones will deform 7-10 degrees C earlier than a self-supporting cone, so the temperature values for a self-supporting cone can be used to determine an equivalent small cone temperature by subtracting 7-10 degrees C (or 12-18 degrees F). Placing a small cone or bar cone into a kiln shutoff device (Kiln sitter), will not always produce the desired temperature stated on the cone chart. To produce a properly fired result, the next cone higher in sequence is placed into the shutoff device and the result is confirmed by a cone placed inside the kiln on a kiln shelf.

Reducing atmospheres can affect the bending behavior of cones, especially the red colored cones manufactured between numbers 010-3. If these cones are used in the absence of oxygen, the red iron oxide used in the formulation can reduce and change the appearance so the cone will appear matte, green, or bloated. Orton recommends using the Iron free series for all reduction firings between cones 010 – 3.

For more information on pyrometric cones, contact Orton or visit us at www.ortonceramic.com



The Edward Orton Jr. Ceramic Foundation
P.O. Box 2760 • Westerville, OH 43086-2760
(614) 895-2663 • (614) 895-5610 fax
info@ortonceramic.com
www.ortonceramic.com

These tables provide a guide for the selection of cones. The actual bending temperature depends on firing conditions. Once the appropriate cones are selected, excellent, reproducible results can be expected. Temperatures shown are for specific mounted height above base. For Self Supporting - 1¾"; for Large - 2"; for Small - 15/16". For Large Cones mounted at 1¾" height, use Self Supporting temperatures. † These Large Cones have different compositions and different temperature equivalents.

©2016 Orton Ceramic Foundation

2. Método.

La metodología de la investigación consiste en realizar investigación documental para conocer las causas históricas de los defectos en el material de arcilla, después se realizará un estudio de campo para conocer la forma de trabajar actual, las mezclas, tiempo de secado y forma para la cocción, posteriormente se realizará un análisis para la identificación y determinación de las causas de los defectos en la elaboración artesanal de teja de arcilla. Y para ello es importante:

- Analizar los factores de agrietamiento que causan los defectos en el proceso de fabricación artesanal de teja roja, mediante un análisis experimental.
- Determinar los factores que influyen en el proceso de fabricación de teja roja.
- Determinar el nivel de temperatura requerido para la cocción de teja roja.
- Describir las características de la materia prima adecuada para elaborar teja roja.
- Distinguir las condiciones climáticas adecuadas para el proceso de fabricación de teja roja.

La teja de barro son piezas de material hechas en forma de canal; son usadas para proteger espacios de exteriores como los techos y no permitir la entrada de agua, se mezclan regularmente con arena, que se endurecen por el proceso de cocción. (Dolors, 2017)

La forma de las piezas y los materiales de elaboración son muy variables: las formas pueden ser regulares o irregulares, planas o curvas, lisas o con acanaladuras y salientes; respecto a los materiales pueden ser cerámicas, elaborada con barro cocido. (González, 2012)

Según Ramírez (2002), en el estudio titulado “Caracterización de arcillas del estado de Guanajuato y su potencial Aplicación en Cerámica” en el cual destaco que la industria cerámica es una actividad muy importante en varios municipio del estado de Guanajuato, donde se mantiene una gran demanda de arcilla como materia prima en la manufactura de pastas, en la manufactura de productos cerámicos y utilitarios como (blocks de ladrillo y teja de arcilla roja) considerando la importancia de esta materia prima para disponer de materiales de calidad a bajo costo y con un curado más rápido. Mostrando como conclusiones que un adecuado proceso de fabricación con arcilla requiere de tiempos fijos de cocción y de secado, además de que los trabajadores cuenten con experiencia en este rubro de manufactura artesanal.

2.1. Participantes.

Tabla 3. Participantes en la investigación.

Nombre del Participante	Institución	Rol en el proyecto*	Actividades realizadas
Ing. Juan José Moreno Ruíz	TecNM, Campus Ciudad Hidalgo	Investigador/Colaborador	Investigación de campo. Investigación documental.
Dr. AEE. Julio Enrique Reyes Vázquez	TecNM, Campus Ciudad Hidalgo	Investigador/Colaborador	Análisis de los factores causa de defectos en la teja de arcilla.
Dra. AEE. Susana Reyes Vázquez	TecNM, Campus Ciudad Hidalgo	Investigador/Colaborador	Investigación documental.

Nota: Participantes en la investigación.

En el proyecto de investigación se incorporaron a Alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial, con el objetivo de apoyar al proceso de recolección, análisis y tratamiento de la información.

2.2 Técnica e Instrumento.

La producción artesanal de teja de arcilla en la región de Irimbo Michoacán surge aproximadamente en el año 1965, siendo uno de los pioneros el Sr. Roberto Moreno, iniciando con una producción de adobes, teja, tabique y duela.

En todo proceso de fabricación es necesario conocer si la materia prima es la adecuada, como se señala en el trabajo “La teja cerámica” (García-Bastida, 2019). En este se menciona que el proceso contiene tres elementos importantes: agua, cantera de arcilla y combustible para el horno. Además, indica que las condiciones climatológicas deben ser adecuadas para su proceso, sin excesivo calor y sin lluvia, pues de lo contrario afectaría en la calidad del producto.

Otro factor influyente en la fabricación de teja es la temperatura de sinterización que debe ser de 1050°C, debido a que a ella se garantiza que se ha iniciado la formación de mullita; velocidad de calentamiento de 2°C/min, que es suficientemente baja para evitar cambios bruscos de temperatura durante la cocción, en el reportaje “La cubierta de teja cerámica” (Redondo, 2011) donde se confirma que de no cumplirse con dicho grado de temperatura la teja presentara daños.

Los talleres de elaboración de material de barro (teja) en la comunidad de Tzintzingareo municipio de Irimbo, municipio vecino del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo. Se utilizan la infraestructura de los talleres de elaboración de material de barro (teja) en la comunidad de Tzintzingareo.

2.3 Procedimiento.

Como primer paso se realizará investigación documental para conocer las causas históricas de los defectos en el material de arcilla, después se realizará un estudio de campo para conocer la forma de trabajar actual, las mezclas, tiempo de secado y forma para la cocción, posteriormente se realizará un análisis para la identificación y determinación de las causas de los defectos en la elaboración artesanal de teja de arcilla.

Una vez identificadas y determinadas las causas de los defectos, se realizará un artículo de divulgación para finalizar con el proyecto.

Se tendrá vinculación con los productores de material de arcilla de la región, con el objetivo de generar una propuesta que reduzca los defectos en los productos.

El identificar las causas de los defectos es muy importante para los fabricantes, los productores se pueden ver afectados en la demanda de ventas por la calidad que se está ofreciendo, también los defectos en el proceso de quemado de material, representa perdida orillando total, además los clientes buscaran a un productor que ofrezca mejor calidad.

En la investigación de campo se recolecto información para verificar como se realizan las piezas de teja roja y sus diferentes tipos de técnicas mediante la observación directa en la empresa así como encuestas y entrevistas realizadas al personal para obtener información confiable acerca de los factores que influyen en el proceso, cabe mencionar que como investigadores no se manipulará ninguna de las variables (temperatura, tiempo, materia prima) debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta.

2.4. Entrevista.

Se planea realizar una entrevista oral directamente con los productores para obtener información confiable.

2.5. Cuestionario.

Esta técnica será aplicada a los trabajadores manufactureros y administrativos de la empresa con el fin de estar al tanto de sus puntos de vista y así conocer que factores consideran influyentes durante el proceso, además de determinar las mejoras que se requieran considerar.

2.6. Observación.

Esta técnica es un aspecto clave para no perder de vista las actividades y situaciones que se

desarrollan en la empresa e identificar los importantes factores que influyen en el proceso, además de localizar la posible raíz de la problemática planteada, así como realizar la investigación y proponer mejoras para la fabricación de teja roja.

2.7. Población o universo/muestra

Descripción de la población y cálculo de la muestra:

Se efectuó una investigación documental para poder recopilar datos específicos sobre la cantidad de población con la que cuenta la comunidad de Tzintzingareo. Los datos que se buscaban fueron encontrados en la página oficial del INEGI. Los datos encontrados fueron que la población total de Tzintzingareo es de 2642 habitantes mientras que el número de hogares es de 710 en el 2020. Con estos datos se procedió a llevar a cabo el cálculo de la muestra para ello se multiplicó el número total de hogares por el 40 % que corresponde al porcentaje de familias dedicadas a la elaboración de teja en esta comunidad.

Posteriormente se utilizó la siguiente fórmula para determinar la cantidad de encuestas a realizar.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Donde:

n = Tamaño necesario de la muestra

N = Tamaño de la población

Z = Nivel de confianza

p = Probabilidad de éxito

q = Probabilidad de fracaso

d = Error

El tamaño de población es 284, el margen de confiabilidad es de del 95% lo que equivale a 1.96, con una probabilidad de éxito y de fracaso de 0.5, y un error de 0.05.

$$n = \frac{(284)(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(0.5)^2(284 - 1) + (1.96)^2(0.5)(0.5)} = \frac{272.7536}{1.6679} = 164$$

El tamaño de muestra es de 164 productores. Se aplicarán 164 encuestas, para la recolección de los datos deseados.

2.8. Descripción del instrumento

El instrumento que se consideró como más apto para la recolección de datos fue la encuesta, debido a que ésta permite obtener los datos requeridos de manera más rápida y sencilla que otros medios. También este medio de recolección de datos hace posible reunir mayor cantidad de datos.

2.9. Diseño del instrumento

La siguiente encuesta es dirigida a los productores de teja de la comunidad de Tzintzingareo Michoacán.

Tiempo Aproximado de respuesta 1 minuto.

2.10. Objetivo:

Identificar las principales causas de los defectos en la elaboración de teja de arcilla.

2.11. Cuestionario aplicado

Conteste las siguientes preguntas subrayando la respuesta que crea correspondiente.

1.- Aproximadamente ¿Cuántas tejas salen defectuosas de cada 100?

A) 1-2 B) 2-5 C) 5-10

2.- ¿Cuál es el tipo de defecto que se presenta con mayor frecuencia?

A) Quebrado crudo B) Quebrado cocido C) Fisura crudo D) Fisura cocido E) Fisura por piedra

3.- En su consideración ¿Cuál es la causa de esos defectos?

A) Tipo de tierra B) Falta de secado C) Por la cocida/cocción D) Mezclado E) Transporte a horno

4.- ¿Tiene medida las proporciones de tierra utilizada?

Sí No

5.- ¿Tiene un control estricto para el secado de las tejas?

Sí No

6.- En el proceso de quemado, ¿A medido la temperatura del horno?

Sí No

Gracias por su atención.

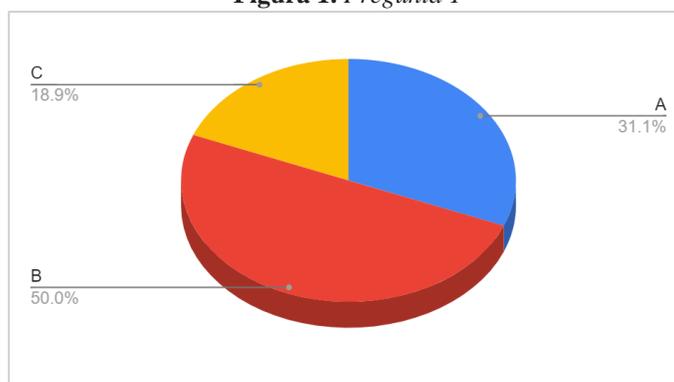
3. Resultados.

3.1 Resultados de la encuesta aplicada

Tabla 4. Pregunta 1

	1-2	2-5	5-10	Total
Aproximadamente ¿Cuántas tejas salen defectuosas de cada 100?	51	82	31	164

Figura 1. Pregunta 1



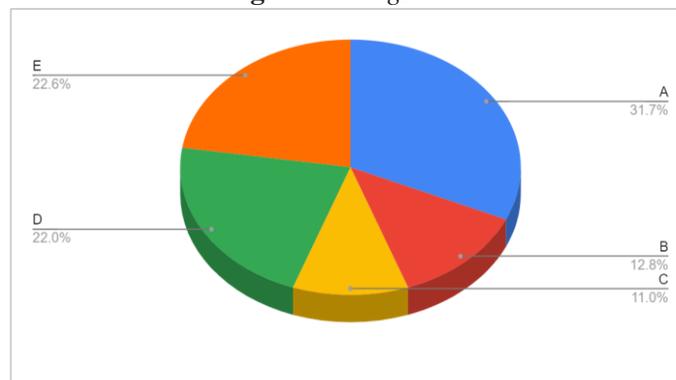
Como se puede observar en la tabla 4 y figura 1, la mitad de los encuestados mencionan tener un porcentaje de defectos de 2 a 5 %, 31 % menciona que el porcentaje de defectos es de 1 a 2%, mientras que el 19 % menciona que los defectos resultan hasta de 5 a 10 %.

Tabla 5. Pregunta 2

Quebrado	Quebrado	Fisura	Fisura	Fisura por	Total
----------	----------	--------	--------	------------	-------

	crudo	cocido	crudo	cocido	pedra	
¿Cuál es el tipo de defecto que se presenta con mayor frecuencia?	52	21	18	36	37	164

Figura 2. Pregunta 2

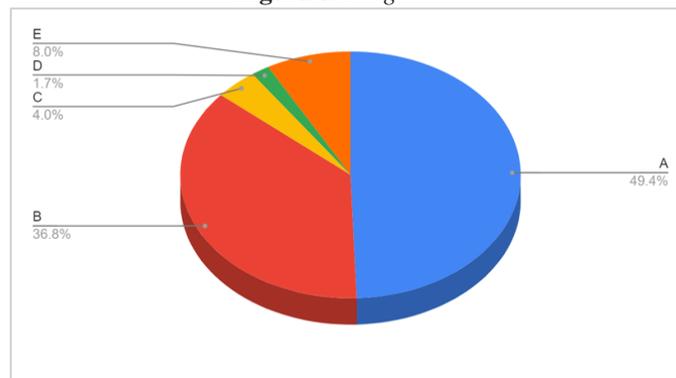


Según la tabla 5 y la figura 2, los encuestados los 3 tipos de defectos que se presentan con mayor frecuencia son en primer lugar quebradura en crudo, y en segundo lugar fisura por piedra en la mezcla y fisura en la cocción.

Tabla 6. Pregunta 3

	Tipo de tierra	Falta de secado	Por la cocida/cocción	Mezclado	Transporte a horno
En su consideración ¿Cuál es la causa de esos defectos?	86	64	7	3	14

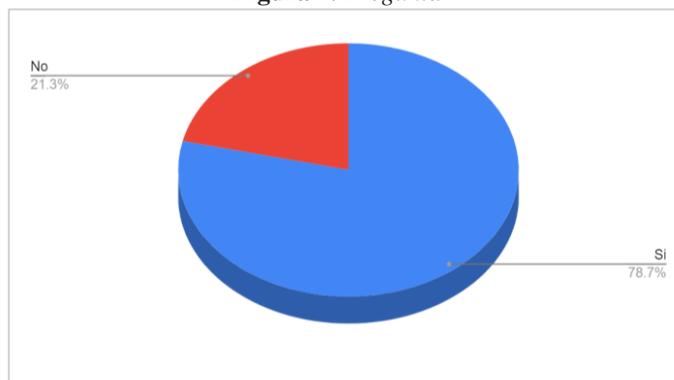
Figura 3. Pregunta 3



Observando la tabla 6 y la figura 3, podemos ver que las respuestas de los encuestados las 2 causas principales de los defectos son el tipo de arcilla utilizado y la falta de secado.

Tabla 7. Pregunta 4

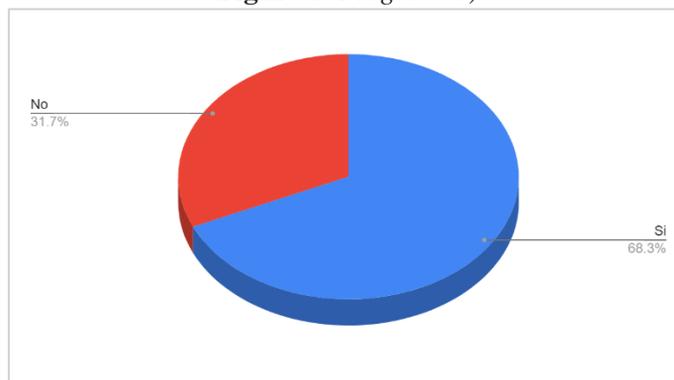
	Si	No	Total
¿Tiene medida las proporciones de tierra utilizada?	129	35	164

Figura 4. Pregunta 4

Como se muestra en la gráfica un 21% de los encuestados no tiene estandarizadas las cantidades de materia prima utilizada, por lo tanto, es una posible causa de los defectos.

Tabla 8. Pregunta 5

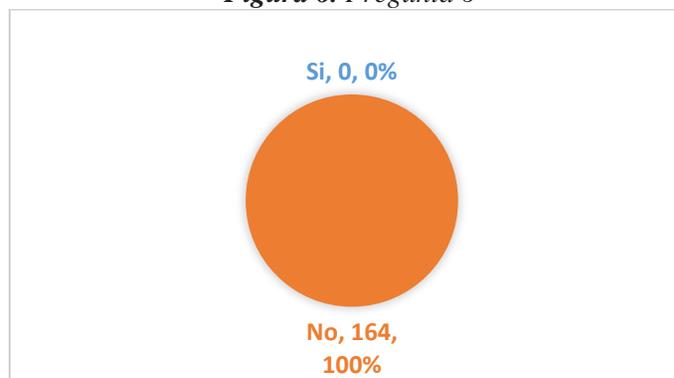
	Sí	No	Total
¿Tiene un control estricto para el secado de las tejas?	112	52	164

Figura 5. Pregunta 5)

En la gráfica se puede observar un área de oportunidad en el secado de las tejas, se observa que un 32% no tiene un control estricto para el secado, por lo tanto, es una causa posible de los defectos.

Tabla 9. Pregunta 6

	Si	No	Total
En el proceso de quemado, ¿A medido la temperatura del horno?	0	164	164

Figura 6. Pregunta 6

En la encuesta se puede observar que ningún productor a medido el nivel de temperatura en el proceso de cocción de material.

Análisis de los factores causa de defectos en la teja de arcilla. (Análisis estadístico).

Se utilizaron para recoger cada muestra de datos relacionados con el proceso de fabricación de teja roja y resumir la comprensión de como los datos se relacionan, para conocer si efectivamente las condiciones de temperatura son determinantes en el proceso de cocción para teja roja artesanal y si los tiempos empleados durante cada una de las actividades de fabricación son los adecuados o por el contrario identificar si estos deben ser sustituidos por los tiempos estándar establecidos según las normas oficiales mexicanas.

Para la determinación de factores se realizará una investigación experimental la cual se llevará acabó con una verificación. Por lo que se tomaron 5 lotes de 100 tejas dando un total de verificación de 500 tejas. ver tabla 10.

Tabla 10. Recabación de datos.

Realizo:	Jose Carlos Guzmán Meza					
Descripción:	Identificar los factores que causan los defectos en el proceso de fabricación artesanal de teja roja.					
Muestra total:	500					
Muestra: 5	0-100	101-200	201-300	301-400	401-500	total
Arcilla	3	3	2	1	4	13
Falta de secado	1	1	1	1	1	5
Molde	0	0	1	0	0	1
Por exceso de calor al quemar	0	0	1	1	0	2
Falta de consistencia en el mezclado	1	1	0	1	0	3
Transportar	0	0	0	1	0	1
Total	5	5	5	5	5	25

Nota: Datos de los factores para el análisis de los defectos.

Durante la toma de muestra de los lotes se toma que de cada 100 hay 5 defectos. El principal factor que influye en los defectos que se detectaron en las tejas es la arcilla.

Diagrama de Pareto

Lo primero que se realiza es ordenar los datos obtenidos:

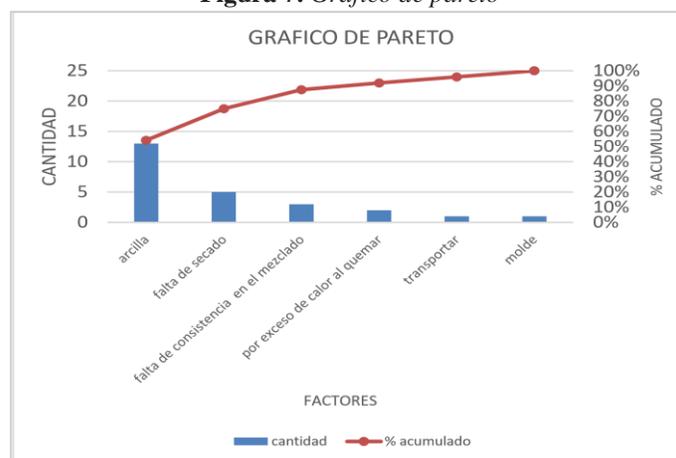
Tabla 11. Diagrama de Pareto.

Factores	Cantidad
Arcilla	13
Falta de secado	5
Falta de consistencia en el mezclado	3
Por exceso de calor al quemar	2
Transportar	2
Molde	1
Total	25

Nota: Concentrado de Datos de los factores para el análisis de los defectos.

Como se muestra en la figura 1, se puede decir que el 80% de los factores está en los dos primeros que es Arcilla, así como falta de secado dando prioridad a la arcilla ya que tiene un porcentaje alto.

Figura 7. Gráfico de Pareto



Nota: La relación de los factores y el número de defectos.

Derivado de un análisis de defectos anterior se puso especial atención en la mezcla de la arcilla y el secado del material, obteniendo los resultados que se muestran a continuación. Se analizaron 5000 unidades en lotes de 1000. Ver tabla 6

Tabla 12. Analisis de los defectos por factor.

Descripción:	Identificar los factores que causan los defectos en el proceso de fabricación artesanal de teja roja.					
Muestra total:	5000					
Muestra: 5	0-1000	1001-2000	2001-3000	3001-4000	4001-5000	total
Arcilla	0	0	0	0	0	0
Falta de secado	0	0	0	0	0	0
Por exceso de calor al quemar	0	0	0	2	2	4
Falta de consistencia en el	0	0	0	0	0	0

mezclado						
Transportar	3	2	2	1	2	10
Total	3	2	2	3	4	14

Nota: Concentrado de Datos para el análisis de los defectos.

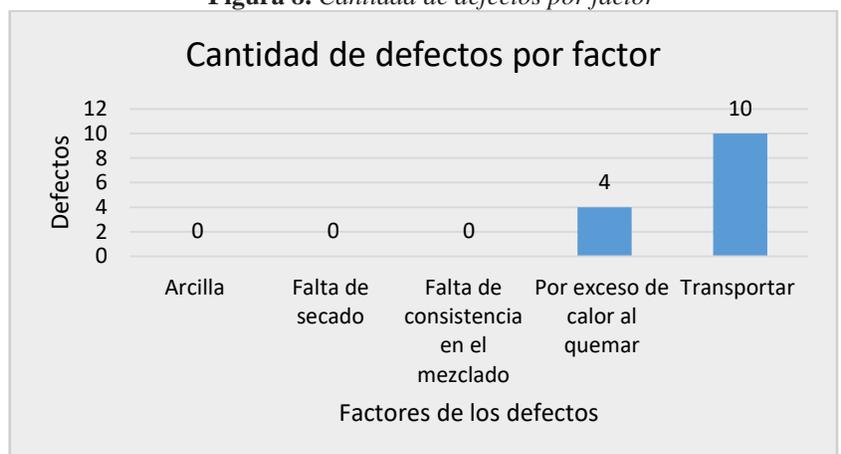
Con la estandarización en los procesos de secado y preparación de la arcilla, se logró disminuir a “0” los defectos en estos criterios. Ahora el factor que influye en los defectos es el transporte en crudo, al tratarse de material de barro sin cocción se fracturan algunas piezas.

Tabla 13. Defectos por millar.

Factores	Cantidad
Arcilla	0
Falta de secado	0
Falta de consistencia en el mezclado	0
Por exceso de calor al quemar	4
Transportar	10
Total	14

Nota: Numero de defectos por millar

Figura 8. Cantidad de defectos por factor



Nota: La relación de los factos y el número de defectos.

Como se muestra en la Figura 2, se eliminaron los defectos causados por la preparación de la arcilla y el secado, los factores que siguen causando defectos son la cocción y el transporte, llegando a la conclusión de que las causas principales de los defectos son la preparación de la mezcla y el secado. Se logró disminuir el porcentaje de defectos de 5% a menos del 1%.

4. Discusión y Conclusiones

En la investigación documental se investigó sobre, los factores que influyen en el proceso de fabricación de teja roja artesanal, para recabar información verídica que ayude a encontrar los factores que influyen en los defectos, cumpliendo con el primer objetivo planteado en el proyecto, también se realizó un análisis de caracterización de las materias primas (arcillas).

En la investigación de campo se recolecto información para verificar como se realizan las piezas de teja roja y sus diferentes tipos de técnicas mediante la observación directa en la empresa, así como encuestas y entrevistas realizadas al personal para obtener información confiable acerca de los factores que influyen en el proceso, (temperatura, tiempo, materia prima).

Para la determinación de factores se realizará una investigación experimental, una vez identificados los factores que afectan la calidad del producto, se llevará a cabo un muestreo estadístico

mediante una hoja de verificación, para analizar el comportamiento de los datos. Por lo que se tomaron 5 lotes de 100 tejas dando un total de verificación de 500 tejas. Cabe mencionar que al momento del reporte se está trabajando en el análisis experimental.

El análisis de las causas de los defectos en el proceso de fabricación artesanal de teja trae consigo un impacto económico en las empresas de la región, directamente en las ganancias obtenidas por millar de unidades, en promedio del 5 al 10%, que representa entre \$100 y \$150 por millar, además se consideraría un proveedor de calidad para los clientes, por lo tanto aumentaría su mercado.

El proyecto tiene vinculación con el sector alfarero de la región oriente del estado de Michoacán, específicamente con los productores de material de arcilla del municipio de Irimbo Michoacán en la localidad de Tzintzingareo.

Las actividades realizadas con el sector son la investigación de campo, se ha tenido el contacto con los productores, con el objetivo de recoger información sobre los procesos y procedimientos que servirán para cumplir el objetivo del proyecto, determinar los factores que causan los defectos en el material de barro.

El identificar las causas de los defectos es muy importante para los fabricantes, los productores se pueden ver afectados en la demanda de ventas por la calidad que se está ofreciendo, también los defectos en el proceso de quemado de material representan pérdida total.

5. Referencias.

- Alvarez-Rozo, D. C. (2018). Características de las materias primas usadas por las empresas del sector cerámico del área metropolitana de Cúcuta (Colombia). *Cerámica y Vidrio*, 247-256.
- Dario, yesid y cordoba, j. P. E. (2009). Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región de barichara, santander. Scielo. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532011000300006
- Gallegos, A. S., Lang, B., Fernández, M., & Luján, M. (2006). Contaminación atmosférica por la fabricación de ladrillos y sus posibles efectos sobre la salud de los niños de zonas aledañas. *Acta Nova*, 3(2), 192-210.
- García-Bastida, N. (2019). La teja cerámica: Orígenes, análisis y estudios constructivos en Euskadi y la Comunidad Valenciana.
- Harrati, A. (2022). Characterization of andalusite rich schist deposits from Oulmes region in central Morocco: Valorization in traditional ceramics. *Open Ceramics*, 9.
- Quintero, M. P. (2019). Influencia de la molina húmeda en el comportamiento estructural y mecánico de productos cerámicos conformados por extrusión de una arcilla del Zulia (Norte de Santander, Colombia). *Cerámica y Vidrio*, 190-198.
- Ramírez, E. R., Andrade, J. J. G., Juárez, M. C. S., & Ortega, Y. G. (2002). Caracterización de arcillas del estado de guanajuato y su potencial aplicación en cerámica. *Acta Universitaria*, 12(1), 23-30.
- Vacic, M. V. (2022). Alkali-activated geopolymerization of a low illitic raw clay and waste brick mixture. An alternative to traditional ceramics. *Applied Clay Science*, 218-223.