

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

**Diseño de celosía a partir de cerámica de baja
temperatura de fusión.**

Tesis Profesional para la obtención del Título de Ingeniero en Diseño

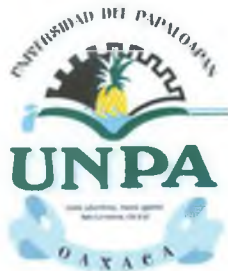
Presenta:

Berenice Hernández Aguilar

Con la dirección de:

Dr. Roberto Suárez Orduña

LOMA BONITA, OAXACA, 2022



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN INGENIERÍA EN DISEÑO

LA PRESENTE TESIS TITULADA "DISEÑO DE CELOSIA A PARTIR DE CERÁMICA DE BAJA TEMPERATURA DE FUSION", PRESENTADA POR LA PASANTE BERENICE HERNANDEZ AGUILAR, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. ROBERTO SUAREZ ORDUÑA, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN DISEÑO.

JURADO EXAMINADOR

DR. ROBERTO SUAREZ ORDUÑA
DIRECTOR

DR. AXEL VILLAVICENCIO TORRES
REVISOR

Laura Patricia Rivas Vázquez
DRA. LAURA PATRICIA RIVAS VÁZQUEZ
REVISOR

LOMA BONITA, OAXACA, 2022.



Universidad del Papaloapan

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| FECHA: | 09 de Mayo del 2022 |
| ÁREA: | Vice-Rectoría Académica |
| OFICIO NÚMERO: | UNPA/VRA/085/2022 |
| ASUNTO: | Autorización de Impresión de tesis. |

C. BERENICE HERNÁNDEZ AGUILAR
PRESENTE:

En base al artículo 120 del reglamento de alumnos, por medio de la presente se aprueba la impresión de la tesis titulada “**Diseño de celosía a partir de cerámica de baja temperatura de fusión**” así como la programación del examen profesional bajo la dirección del Dr. Roberto Suárez Orduña.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente,
terra ubérrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chi jí jú


MC. HÉCTOR LOPEZ ARJONA
Vice-Rector Académico.



C.c.p. Dra Laura Patricia Rivas Vázquez. Jefe de Carrera de Ingeniería en Diseño
C.c.p. L.P. Yesenia Barrientos Arenal. Jefa del Departamento de Servicios Escolares
C.c.p. Dr. Roberto Suárez Orduña. Director de tesis.
C.c.p. Archivo.

OAXACA



Universidad del Papaloapan

Campus Loma Bonita

Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Diseño

Loma Bonita, Oaxaca a 5 de mayo de 2022

Clave: ID/04SE/2022

**Asunto: Asignación de Sinodales para
Examen de Titulación**

Lic. Yesenia Barrlentos Arenal
Jefa de Departamento de Servicios Escolares
Campus Loma Bonita
Presente

Por medio de la presente le informo la asignación de sinodales para el examen de titulación de **Berenice Hernández Aguilar** egresada de la carrera de ingeniería en diseño que presenta su tema de tesis titulado: **"Diseño de celosía a partir de cerámica de baja temperatura"**.

Sinodales

Dr. Axel Villavicencio Torres (presidente), Dr. Roberto Suárez Orduña (vocal) y M.M.P. Carol Castro Reyes (secretario)

Suplentes:

M.C. José Benjamín Vergara Rodríguez (primer suplente), Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez (segundo suplente).

Sin otro particular me despido quedando a sus órdenes para cualquier aclaración.

*Terra uberrima, mens aperta
Bou Lo-tama, chí jí jú
Atentamente*

Laura Patricia Rivas Vázquez
Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez
Jefa de la Carrera de Ingeniería en Diseño



Vo.Bo.

[Handwritten signature]

M.C. Héctor López Arjona
Vice-rector académico

c.c.p. M.C. Héctor López Arjona, Vice-rector académico
c.c.p. Archivo

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada principalmente a mi madre que en paz descansa pero fue el principal motor en mi vida como hija y estudiante, siempre apoyándome en todo momento, llenándome de consejos, amor, y queriéndome ver concluir mi educación como profesionista.

A mi padre por su esfuerzo para ayudarme cada día a salir adelante durante toda mi etapa como estudiante.

A mi hermano por su compañía, su apoyo emotivo y económico en los últimos años, por confiar en mí.

Y a Dios por darme vida, salud y cuidar de mí.

A mis profesores que formaron parte de esta hazaña que se veía en un inicio tardía e interminable, pero que con esfuerzo y dedicación fue posible.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad del Papaloapan por ofrecerme esta carrera y brindarme las herramientas necesarias para estudiarla.

Agradezco a mis padres y a mi hermano, ya que la unión de la familia hace la fuerza y transmitieron en todo momento ese apoyo incondicional que se necesita, y estuvieron siempre a mi lado en los días, y noches más difíciles durante mis horas de estudio.

Agradezco su tiempo, enseñanza y apoyo a cada uno de los profesores que me dieron clases.

Agradezco a mi asesor de tesis el Dr. Roberto Suárez Orduña, por haberme brindado la oportunidad de desarrollar esta tesis, y guiarme; también a la jefa de carrera la Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez por la motivación, atención y sugerencias brindadas.

Agradezco al M. C. Edmundo Mendieta Fernández, por recordarme y motivarme a concluir esta tesis.

A todos, muchas gracias.

RESUMEN

El objetivo específico fue diseñar una celosía a partir de arcilla con materiales reciclados de baja temperatura de fusión y evaluar sus propiedades mecánicas y físicas de tal manera que se generara un nuevo aporte a la construcción y al diseño de espacios, maximizando la utilización de la luz natural, la ventilación natural y por lo tanto reduciendo el consumo de la energía eléctrica y agregando un alto valor estético.

Los materiales reciclados que se utilizaron fueron la cáscara de huevo constituida en su totalidad de carbonato de calcio, el cual sirve como fundente energético en pastas y vidriados por lo que se convierte en materia prima y de gran valor agregado y el vidrio de sosa y cal que tiene puntos de fusión muy bajos, si se compara con los demás materiales cerámicos; una vez reciclado reduce un 20% la contaminación atmosférica. Para lograr obtener el material cerámico de baja temperatura de fusión se realizó un desarrollo experimental el cual consistió en la preparación de muestras con diferentes proporciones de agregado de 8x1x0.5 cm cada una, las cuales fueron sometidas a tratamiento térmico modificando variables como temperatura, tiempo y velocidad de cocción diferentes y circunstancias que se consideraron convenientes a lo largo del proceso para proporcionar al material propiedades físico-mecánicas adecuadas para su uso final, las cuales se lograron a una temperatura de cocción de 1000°C, a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min y un tiempo de 60 y 120 min.

El diseño de la celosía se inspiró en formas de grecas, que se caracterizan por ser franjas que van tomando una o diversas direcciones por la continua repetición de

un mismo elemento, por lo general forman ángulos rectos, con simetría, con ritmo visual adecuado y una estética equilibrada. Se realizaron 3 propuestas diferentes, de las cuales se eligió la propuesta 3, de la cual se elaboró el modelo digital tridimensional y la composición de las celosías para obtener una mejor representación del diseño bidimensional, se ajustaron las dimensiones de la celosía a 20 cm x 7 cm x 19 cm para utilizar 30 piezas en 1 m², y se realizó la impresión 3d de la celosía y así se comprobó que si se cumplen los objetivos.

ABSTRACT

The specific objective was to design a jalousie from clay with recycled materials of low melting temperature and evaluate their mechanical and physical properties in order to generate a new contribution to the construction and design of spaces, maximizing the use of natural light, natural ventilation and therefore reducing the consumption of electrical energy and adding a high aesthetic value.

The recycled materials used were eggshell made entirely of calcium carbonate, which serves as an energetic flux in pastes and glazes, thus becoming a raw material with great added value, and glass, which has very low melting points compared to other ceramic materials; once recycled, it reduces atmospheric pollution by 20%. In order to obtain the low melting temperature ceramic material, an experimental development was carried out which consisted in the preparation of samples with different proportions of aggregate of 8x1x0.5 cm each, which were submitted to thermal treatment modifying variables such as temperature, time and different baking speed and circumstances that were considered convenient throughout the process to provide the material with adequate physical-mechanical properties for its final use, which were obtained at a firing temperature of 1000°C, at a heating speed of 10°C/min, and a time of 60 and 120 min.

The design of the jalousie was inspired by fretwork shapes, which are characterized by strips that take one or several directions by the continuous repetition of the same element, usually forming right angles, with symmetry, with adequate visual rhythm and balanced aesthetics.

Three different proposals were made, of which proposal 3 was chosen, from which the three-dimensional digital model and the composition of the jalousie were elaborated to obtain a better representation of the two-dimensional design, the dimensions of the jalousie were adjusted to 20 cm x 7 cm x 19 cm to use 30 pieces in 1 m² and the 3D printing of the jalousie was made and thus it was verified that the objectives are met.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

| | |
|--------------------------------------|---|
| 1.1. OBJETIVOS..... | 2 |
| 1.1.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 2 |
| 1.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES..... | 2 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN..... | 2 |
| 1.4. METODOLOGIA..... | 3 |

2. MARCO TEÓRICO

| | |
|--|----|
| 2.1. CERÁMICA..... | 6 |
| 2.2. ARCILLA..... | 6 |
| 2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ARCILLAS..... | 6 |
| 2.2.1.1. Por su origen geológico..... | 6 |
| 2.2.1.2. Por su plasticidad..... | 7 |
| 2.2.2. TIPOS DE ARCILLAS..... | 7 |
| 2.2.3. CUERPOS DE ARCILLAS..... | 9 |
| 2.3. VACIADO..... | 10 |
| 2.4. VIDRIO..... | 10 |
| 2.4.1. TIPOS DE VIDRIO..... | 11 |
| 2.4.2. CLASIFICACIÓN DEL VIDRIO..... | 12 |
| 2.4.3. RECICLADO DE VIDRIO..... | 13 |
| 2.4.5. VIDRIADO CERÁMICO..... | 13 |
| 2.4.5.1. FRITAS..... | 14 |
| 2.4.5.2. VIDRIADOS CON FRITAS DE BAJA TEMPERATURA (850°-1050°C) | 14 |
| 2.5. CÁSCARA DE HUEVO..... | 15 |
| 2.5.1. CARBONATO DE CALCIO..... | 15 |
| 2.5.2. LA CÁSCARA DE HUEVO: DESECHO O VALOR AGREGADO..... | 16 |
| 2.6. CELOSÍA..... | 17 |
| 2.6.1. TIPOS DE CELOSÍAS..... | 17 |
| 2.6.2. CELOSÍA CERÁMICA..... | 19 |

| | |
|--|----|
| 2.6.3. DIMENSIONES | 20 |
| 2.6.4. MATERIAL DE PEGADO: MORTERO MIXTO | 20 |
| 2.6.5. APLICACIONES | 21 |
| 2.6.6. LA CELOSÍA EN LA ARQUITECTURA MODERNA | 21 |
| 2.7. IMPACTO AMBIENTAL | 22 |
| 2.8. GRECAS..... | 23 |
| 3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL Y DESARROLLO | |
| 3.1. PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES | 25 |
| 3.3.3. PREPARACIÓN DEL VIDRIO..... | 25 |
| 3.1.2. PREPARACION DE LA CÁSCARA DE HUEVO..... | 28 |
| 3.2. EXPERIMENTACIÓN | 28 |
| 3.2.1. MEZCLAS Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS..... | 30 |
| 3.2.2. PRUEBAS..... | 34 |
| 3.2.2.1. TRATAMIENTO TÉRMICO..... | 34 |
| 3.2.2.2. CONTRACCIÓN POR SECADO Y POR COCCIÓN..... | 41 |
| 3.2.2.3. POROSIDAD..... | 42 |
| 3.2.2.4. ABSORCIÓN DE AGUA..... | 44 |
| 4. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA CELOSÍA | |
| 4.1. PROPUESTAS | 45 |
| 4.1.1. PROPUESTA 1..... | 45 |
| 4.1.2. PROPUESTA 2..... | 47 |
| 4.1.3. PROPUESTA 3..... | 49 |
| 4.2. MODELADO DIGITAL E IMPRESIÓN 3D DE LA CELOSÍA | 51 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 52 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 52 |
| REFERENCIAS DOCUMENTALES | 54 |
| ANEXO | 57 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Fig. 1. Esquema de la metodología | 3 |
| Fig. 2. Grecas de Mitla | 24 |
| Fig. 3. Grecas de Mitla | 24 |
| Fig. 4. Calentamiento de las botellas de vidrio en el horno | 25 |
| Fig. 5. Pedazos de botellas de vidrio..... | 26 |
| Fig. 6. Molino de jarras..... | 26 |
| Fig. 7. Tamiz con la materia molida y medios de molienda (alúminas de ¼" y ½")..... | 27 |
| Fig. 8. Vidrio molido..... | 27 |
| Fig. 9. Cáscara de huevo blanca partida..... | 28 |
| Fig. 10. Jarra de porcelana con la cáscara de huevo y medios de molienda (alúminas de ¼" y ½")..... | 28 |
| Fig. 11. Molino de jarras de porcelana | 29 |
| Fig. 12. Tamiz con cáscara de huevo molida (alúminas de ¼" y ½") | 29 |
| Fig. 13. Cáscara de huevo molida..... | 30 |
| Fig. 14. Placa de yeso cerámico | 31 |
| Fig. 15. Tiras de madera de melina..... | 31 |
| Fig. 16. Molde preparado | 31 |
| Fig. 17. Pesado de materiales..... | 33 |
| Fig. 18. Barbotina..... | 33 |
| Fig. 19. Vaciado de barbotina..... | 33 |
| Fig. 20. Muestras dimensionadas..... | 33 |
| Fig. 21. Muestras con diferentes composiciones..... | 34 |
| Fig. 22. Colocación de muestras en el horno Thermo Scientific Thermolyne.. | 35 |
| Fig. 23. Muestras cocidas a 900°C durante 60 min..... | 36 |
| Fig. 24. Muestras cocidas a 900°C durante 120 min..... | 36 |
| Fig. 25. Muestras cocidas a 900°C durante 180 min..... | 37 |
| Fig. 26. Muestras cocidas a 950°C durante 60 min..... | 37 |

| | |
|--|----|
| Fig. 27. Muestras cocidas a 1000°C durante 60 min..... | 37 |
| Fig. 28. Muestras cocidas a 1000°C durante 120 min..... | 37 |
| Fig. 29. Muestras cocidas a 1000°C durante 60 min..... | 39 |
| Fig. 30. Muestras cocidas a 1000°C durante 120 min..... | 39 |
| Fig. 31. Muestras cocidas a 1000°C durante 180 min..... | 39 |
| Fig. 32. Muestras cocidas a 1000°C..... | 41 |
| Fig. 33. Trazado bidimensional de la propuesta 1..... | 45 |
| Fig. 34. Composición modular (celosía) bidimensional..... | 45 |
| Fig. 35. a), b) Celosía y c) Composición de celosías..... | 46 |
| Fig. 36. Trazado bidimensional de la propuesta 2..... | 47 |
| Fig. 37. Composición modular (celosía) bidimensional..... | 47 |
| Fig. 38. d), e) Celosía y f) Composición de celosías..... | 48 |
| Fig. 39. Conjunto de unidades modulares..... | 49 |
| Fig. 40. Superposición de hexágonos sobre el módulo mayor..... | 49 |
| Fig. 41. Composición modular (celosía) bidimensional..... | 49 |
| Fig. 42. g), h) Celosía y i) Composición de celosías..... | 50 |
| Fig. 43. Pieza de la celosía imprimiéndose..... | 51 |
| Fig. 44. Modelo de la celosía..... | 51 |
| Fig. 45. Render de las celosías en un espacio interior..... | 53 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Dimensiones de celosías convencionales..... | 20 |
| Tabla 2. Composiciones con diferentes porcentajes de materiales..... | 32 |
| Tabla 3. Tratamiento térmico..... | 35 |
| Tabla 4. Composiciones con diferentes porcentajes de materiales..... | 38 |
| Tabla 5. Tratamiento térmico..... | 38 |
| Tabla 6. Composiciones con diferentes porcentajes de materiales..... | 40 |
| Tabla 7. Tratamiento térmico | 40 |
| Tabla 8. Masa, densidad real, volumen aparente, volumen sólido, volumen de poros y porcentaje de porosidad en las muestras..... | 43 |
| Tabla 9. Peso seco, peso húmedo y porcentaje de absorción de agua en las muestras..... | 44 |

1. INTRODUCCIÓN

La cerámica es uno de los materiales más utilizados y demandado actualmente en el mundo de la construcción. En la mayoría de los casos se busca a este tipo de materiales para sustituir materiales como piedra y cemento.

Una ventaja indiscutible que ofrece la cerámica frente a otros materiales es su durabilidad. Es un material altamente resistente al paso del tiempo, el desgaste y los cambios climáticos.

Presentan gran resistencia a la corrosión, resistencia a casi todos los agentes químicos, y en ambientes agresivos son más resistentes que los metales y los polímeros. También se caracteriza por su alta facilidad de limpieza y su capacidad de preservación frente a la suciedad y cualquier tipo de contaminación.

Los infinitos formatos, colores, acabados, tamaños y las miles de posibles combinaciones hacen que el único límite para la utilización de la cerámica sea la imaginación. Por lo que se eligió como material para el diseño de la celosía la cerámica haciendo mejoras utilizando materiales reciclados para obtener una baja temperatura de fusión y con ellos realizar un nuevo aporte.

La temperatura de fusión viene determinada principalmente por la composición química de los materiales, pero también por el tamaño de grano de sus componentes cuanto más finos son los granos, se necesitará una temperatura más baja para llegar a la fusión; también por la velocidad de calentamiento, por la temperatura que se alcanza en la cocción y el tiempo que se mantiene y por la atmósfera del horno.

1. 1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO ESPECÍFICO: Diseñar una celosía a partir de arcilla, materiales reciclados de baja temperatura de fusión y evaluar sus propiedades mecánicas y físicas.

1.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Diseñar celosías compositivas de cerámica para interiores ó exteriores.
- Verificar físicamente y mecánicamente las características de la celosía y su material.
- Uso de estrategias que brindan una mejora global en el impacto medioambiental de la arquitectura.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a las circunstancias de inopia, al generar una celosía lo más fácil y económico que se encuentran es la madera y barro, sin considerar sus características así como su durabilidad, esta última siendo la más importante. Una alternativa que se usa constantemente y como la mejor solución es construirla de concreto, pero el problema es que la calidad en su estética es muy rústica. Como una alternativa propongo la cerámica, en el mercado existen las celosías de este material pero con el nuevo aporte tendrá características más finas como las de la porcelana, utilizando materiales reciclados.

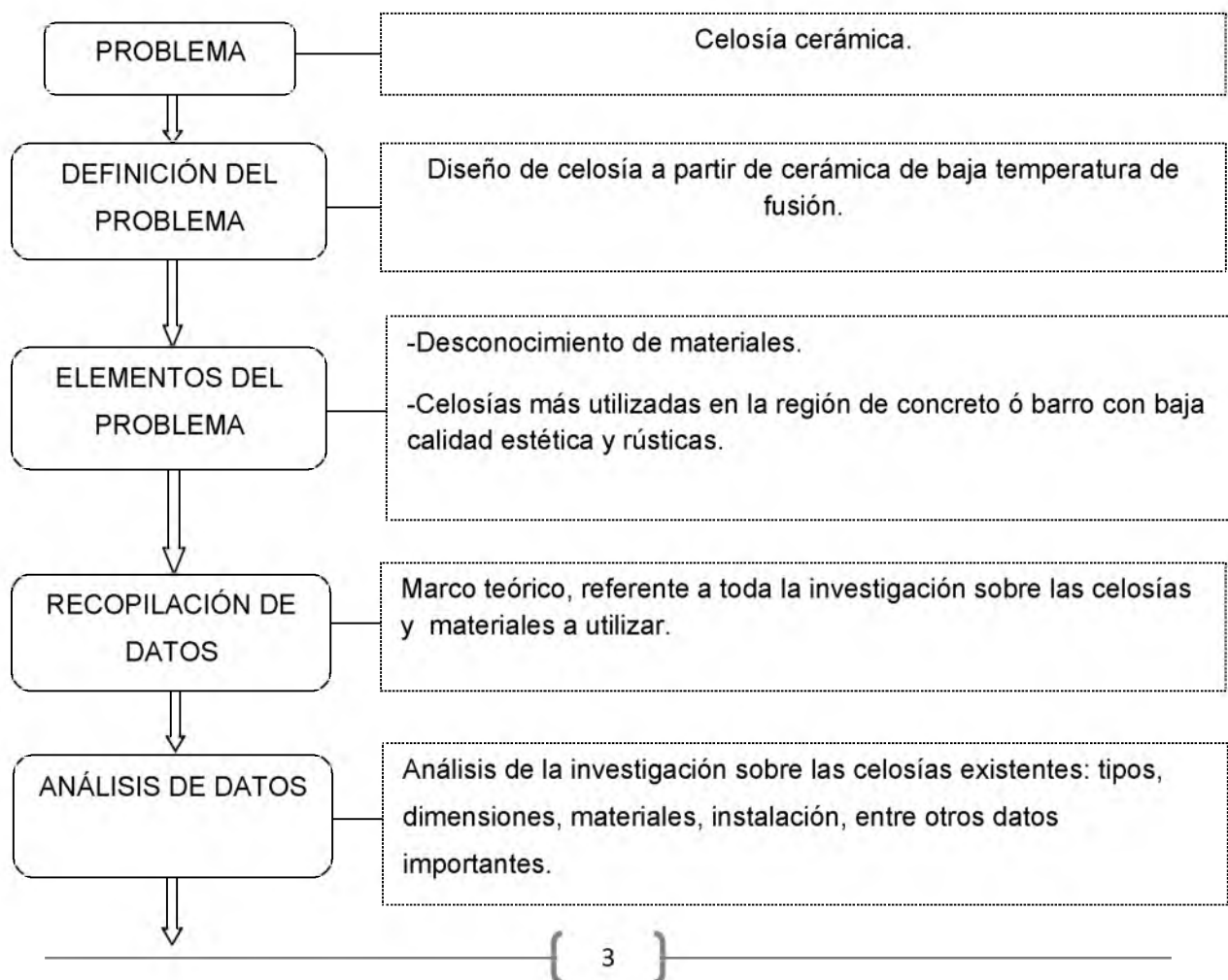
1.3. JUSTIFICACIÓN

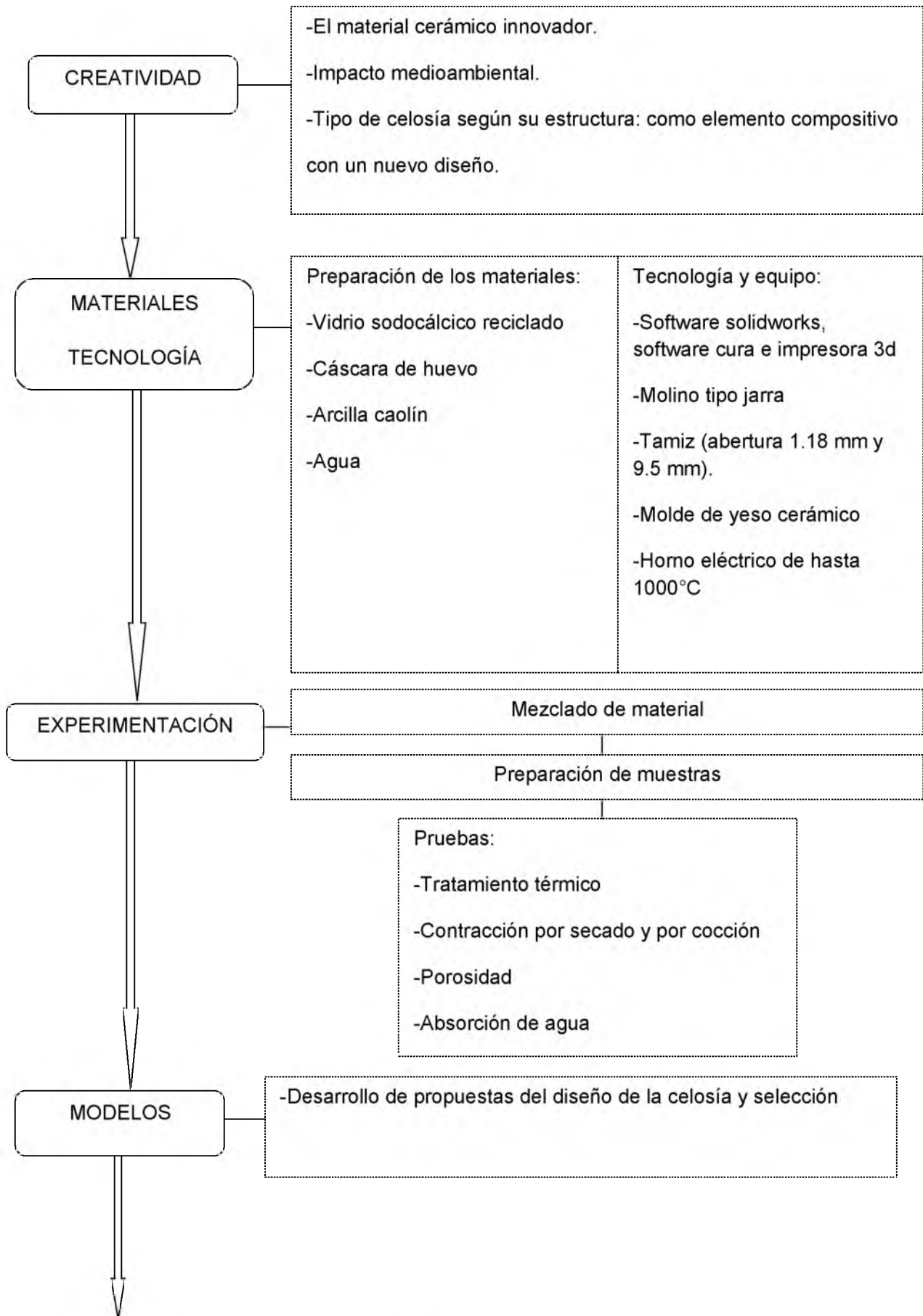
Como parte fundamental en el diseño, la celosía tendrá un material cerámico que además de contener arcilla, tendrá como base materiales reciclados, los cuales

reducirán la temperatura de fusión ya que se estima que su temperatura estará entre 870°C-1000°C, proporcionando así mayor dureza, resistencia a la corrosión, al desgaste y a la compresión. También es importante mencionar que con el diseño de la celosía se ofrecerá control solar y ahorro energético, agregando a la vez un alto valor estético. Con ello se hará uso de estrategias que permiten una mejora en el impacto medioambiental de la construcción arquitectónica.

1.4. METODOLOGIA

La metodología a seguir es del autor Bruno Munari, donde a través de un método lineal y orden lógico el problema puede descomponerse en subproblemas ó diferentes etapas, con la finalidad de conseguir un máximo resultado con mínimo esfuerzo.





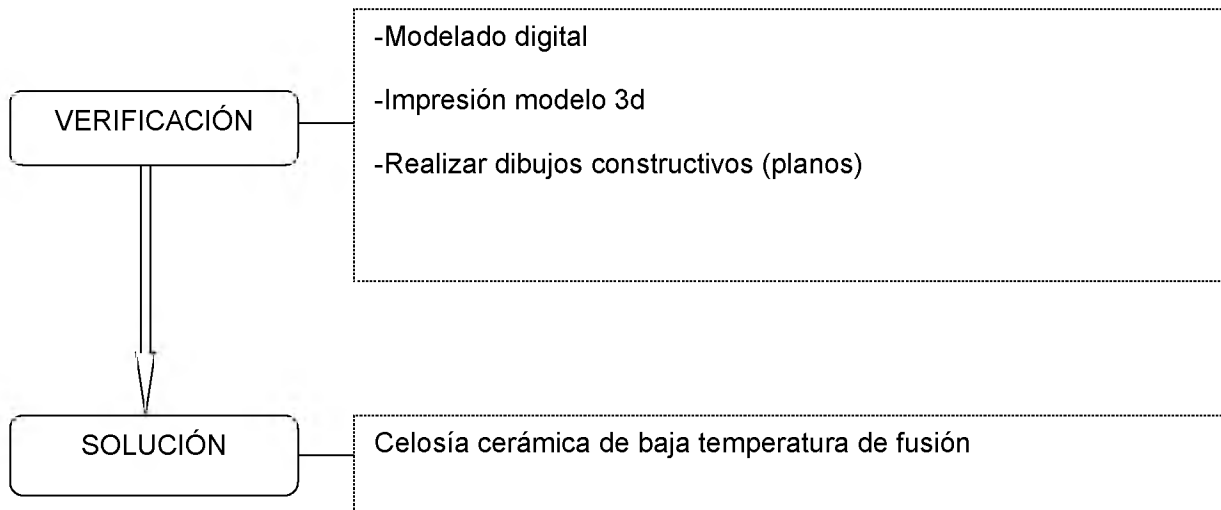


Fig.1.Esquema de metodología.

Fuente: Munari, 2004.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CERÁMICA

Son aquellos compuestos químicos formados por metales y no metales (óxidos, nitruros y carburos), contienen minerales como arcilla, cemento y vidrio. Estos materiales son aislantes eléctricos y térmicos, resistentes a elevadas temperaturas, con gran resistencia a la corrosión, resistentes a casi todos los agentes químicos, excepto al ácido fluorhídrico y en cierto grado a la sosa cáustica y en ambientes agresivos son más resistentes que los metales y los polímeros.

Sus propiedades mecánicas las caracterizan como muy duras y muy frágiles (Jr Callister, 2007).

2.2. ARCILLA

Es un material proveniente de la corteza terrestre, resultante de la descomposición, de millones de años, de rocas feldespáticas como son el granito y rocas ígneas. Su descomposición se debió a la acción del agua que actuó como un potente abrasivo con las rocas, desmoronándolas (Chavarria, 2009).

2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ARCILLAS

2.2.1.1. Por su origen geológico:

- Primarias o residuales: Se forman en el mismo sitio que la roca madre, han sido poco atacadas por las condiciones atmosféricas. Su color es más blanco ya que son muy puras no están mezcladas con otros minerales, sus partículas son más

gruesas, son poco plásticas y su punto de fusión es elevado. Por lo general solo los caolines pertenecen a este grupo.

- Secundarias o sedimentarias: Son transportadas lejos de la roca madre, ya sea por el agua, viento e incluso glaciares. Sus partículas son más finas, son más plásticas. Debido a que son arrastradas durante su formación se encuentran mezcladas con otros materiales como sílice, óxido de hierro y feldespato en diferentes porcentajes, justamente por esto es que se producen diferentes tipos de arcillas (Chavarria, 2009).

2.2.1.2. Por su plasticidad:

- Arcillas grasas: Su tacto es graso y sus partículas muy finas lo cual las hace más plásticas, absorben mayor cantidad de agua para ser trabajadas pero su contracción es elevada.

- Arcillas magras: Sus propiedades son todo lo contrario a las anteriores, sus partículas no son finas lo cual las hacen menos plásticas y su contracción es menor (Vázquez, 2005).

2.2.2. TIPOS DE ARCILLAS

- Arcilla natural: Se extrae y se limpia, generalmente se utiliza sin aditivos.
- Tierra roja o arcilla de alfarero: Conocida también como Terracota, su color es rojo por su contenido de hierro, es bastante suave y tiene buena plasticidad para ser moldeada en torno o a mano. Resisten temperaturas de hasta 1100 °C por lo que son útiles como barnices para gres, pero funden a mayor temperatura.

- Arcilla de bola (ball clay): Tienen un alto grado de contracción del 20% aproximadamente, proporcionan una gran plasticidad y tenacidad a los cuerpos de arcilla, vitrifica sobre los 1300 °C. Se les mezcla con caolín para la preparación de las pastas cerámicas.
- Caolín o arcilla de China: Proviene de la descomposición del granito, que tiene muy poca plasticidad, se contrae muy poco con la cocción y se vuelve blanca. Se utiliza para proporcionar las propiedades necesarias para su trabajo a un cuerpo de arcilla, actúa como aglutinante. Funde sobre los 1800 °C, para rebajar su punto de fusión se le mezcla con materiales como el feldespato, se usa en las pastas de loza para aumentar su vitrificación.
- Arcilla refractaria: Su nombre hace referencia a su cualidad de resistencia al calor. Sus características físicas son variadas, algunas arcillas refractarias son plásticas mientras que otras son ásperas y granuladas. Tienen un punto de fusión muy alto entre 1600 y 1750 °C. En estas arcillas, la caolinita y la alúmina aparecen en porcentajes elevados. Se usan para la elaboración de ladrillos refractarios y aislantes, revestimientos y accesorios para hornos. También como aditivo en los cuerpos de arcilla de gres para que soporten altas temperaturas.
- Arcilla de gres o figulina: Son de partículas finas, plásticas, sedimentarias y soportan altas temperaturas. Requieren de algún aditivo antes de ser utilizadas. En ellas el feldespato actúa como fundente, se vitrifican entre los 1250-1300 °C.
- Bentonita: Es una arcilla plástica muy fina de origen volcánica. Su tacto es graso, puede aumentar entre 10 a 15 veces su volumen al adicionársele agua. Se introduce a los cuerpos de arcilla para mejorar su plasticidad y funde alrededor de 1200 °C (Midgley, 1993).

2.2.3. CUERPOS DE ARCILLA

Son combinaciones de arcillas o de arcillas con otros materiales cerámicos, según su aplicación considerando sus cualidades físicas, estéticas y mecánicas se elaboran. Los principales tipos de cuerpos de arcillas existentes en el mercado son:

- Gres: Constituido por un 40% de arcilla de gres, 20% de arcilla refractaria, 20% de arcilla de bola, 10% de pedernal molido, caolín y cuarzo. También se le agrega un 10% de chamota la cual añade textura ya que es una arcilla bizcochada. Se bizcocha a una baja temperatura alrededor de 1000 °C y la segunda cocción alrededor de 1280 °C. Es fácil de modelar a mano o en el torno.
- Porcelana: Su principal componente es el caolín, está compuesta por el 40% de feldespato, 9% de sílice, 40% de caolín y un 11% de arcilla de bola. Su color es blanco azulado y se vuelve traslucida cuando se cuece, es difícil de modelar en el torno. Su temperatura de bizcochado 1060 °C y la segunda cocción de 1280 °C.
- Porcelana de hueso: Es la más utilizada en la manufactura industrial de objetos cerámicos. Se compone de 48% de huesos calcinados, 25-30% de feldespato, alrededor de 22% de caolín y un máximo de 4% de arcilla de bola que le da color blanco y translucidez. Durante su moldeo es muy frágil, su plasticidad hace difícil su manejo una vez cocida es consistente aunque es muy delgada.
- Loza blanca: Es el segundo más utilizado en la industria. Esta constituida de arcilla de bola, caolín y pedernal, es blanca pero no es traslucida, es difícil de trabajar a mano o en torno (Midgley, 1993).

2.3. VACIADO

El proceso más conocido de vaciado es el de barbotina. La barbotina es una suspensión de partículas coloidales (pequeñas, que no se asientan) de cerámica en un líquido que por lo general es el agua. En este proceso, la barbotina se vierte en un molde poroso de yeso. Esta debe tener la fluidez suficiente y la viscosidad baja para fluir con facilidad hacia el molde. El arrastre de aire puede ser un problema importante durante el moldeo de barbotina.

Una vez que el molde ha absorbido algo de agua de las capas exteriores de la suspensión, se invierte y se vierte la suspensión restante para sacarla y fabricar productos huecos. La parte superior se recorta, el molde se abre y se saca la pieza. Para las piezas cerámicas macizas, la barbotina se suministra en forma continua al molde, para reponer el agua absorbida; por lo tanto, la suspensión no se vacía del molde. En esta etapa la pieza es un sólido suave, o es semirrígida. Mientras mayor es la concentración de sólidos en la barbotina, menor es la cantidad de agua que se debe separar, para finalmente poder hornear (Kalpakjian, Schmid, 2002).

2.4. VIDRIO

Es un material inorgánico duro y frágil, generalmente transparente, con propiedades de resistencia al agua, luz y agentes químicos. Podría formar parte de los cerámicos tradicionales pero su característica principal es que los vidrios no son cristalinos. Tienen puntos de fusión muy bajos, si se comparan con los demás materiales cerámicos, por lo que pueden conformarse por fusión y moldeo, la

masa fundida pasa por diferentes estados intermedios, desde el muy fluido alrededor de 1000 °C, hasta el espeso o viscoso a 400 °C. Las materias primas más importantes del vidrio son el cuarzo (arena) 70%, álcali (sosa o potasa) 20% y cal o roca caliza 10%, junto con aditivos como alúmina, ácido fosfórico, bórax, salitre, plomo, entre otros (Salán, 2005).

2.4.1. TIPOS DE VIDRIOS

- Vidrio de sosa y cal: compuesto por silicatos de sodio y calcio (arena, carbonato de sodio y cal), es el vidrio común de ventanas, botellas, etc.
- Vidrio de borosilicato (Pyrex, Kimax): en su contenido tienen óxido de boro en lugar de cal, es termorresistente y se utiliza para material de laboratorio y de horno.
- Vidrio de aluminosilicato: compuesto por óxido de aluminio en lugar de carbonato de sodio y óxido de plomo en lugar de cal. Son más termorresistente se utilizan para utensilios de cocina que se usan en hornos y para fibra de vidrio.
- Vidrio de plomo: en su contenido tienen óxido de plomo en lugar de cal, por su alta refracción se utiliza en vidrio artístico, vidrio óptico y cristalería de mesa.
- Vidrio de alabastro/ vidrio colorido: Se le agrega cloruro de sodio (blanco u opaco), sulfuro de cadmio (color amarillo), carbono y óxido de hierro (color café), compuestos de selenio (color rojo), cobalto (color azul), cromo (color verde) y manganeso (color violeta).
- Vidrio fotocromático: Compuesto por cloruro o bromuro de plata, es sensible a la luz, se oscurece al exponerse a la luz, se utilizan para anteojos y para ventanas de hospitales.

- Vidrio láser: Contiene neodimio se utiliza para láseres potentes.
- Vidrio esmerilado: Se graba con ácido fluorhídrico (HF), su superficie es escarchada satinada (Hill, Kolb, 1999).

2.4.2. CLASIFICACIÓN DEL VIDRIO

Por sus aplicaciones:

- Vidrio industrial: Es aquel que se utiliza para almacenar productos químicos, biológicos, y los vidrios planos (ventanas, cristales blindados, bombillas, fibra óptica, entre otros).
- Vidrio doméstico: Permite envasar alimentos como son las conservas, vinos, licores, refrescos, y un sinfín de alimentos.

De acuerdo a su color y su uso:

- Verde (esmeralda), 60% en botellas de vino, cava, licores, cervezas y algunos refrescos.
- Blanco (incoloro), 25% en bebidas gaseosas, zumos y todo tipo de alimento.
- Extra claro, 10% destinados para aguas minerales, tarros y botellas de decoración.
- Opaco, 5% en botellas de cerveza y algunas de laboratorio (De Larrucea, 2012).

2.4.3. RECICLADO DE VIDRIO

El vidrio gracias a sus características favorables es de fácil recuperación, es 100% reciclable, ninguna de sus características se pierden, a partir de un envase utilizado puede fabricarse uno nuevo.

Para obtener el vidrio reciclado primero se fragmentan en partes homogéneas obteniéndose el calcín y separarse de a cuerdo a su color, no se deben mezclar. El vidrio reciclado requiere de un 26% menos de energía que la producción original, en la que para fabricar 1kg de vidrio se necesitan 4.200 kcal. El vidrio reciclado reduce un 20% la contaminación atmosférica (Cabildo, 2010).

2.4.5. VIDRIADO CERÁMICO

Es un esmalte o barniz el cual puede ser definido como un vidrio que se aplica sobre una pieza cerámica con la finalidad de brindarle protección (impermeabilizarlos) y un mejor acabado estético, los vidriados son una mezcla de compleja de silicatos y/o boratos (fritas).

La principal diferencia entre un esmalte cerámico y un vidrio industrial, es que el esmalte es fundido para formar una capa, con una fuerte adherencia a la pieza cerámica, lo que ayuda al desarrollo de sus propiedades, mientras tanto la fusión del vidrio no está unida a ningún soporte (Nebot-Díaz, 2000).

2.4.5.1. FRITAS

Son compuestos vítreos, que se obtienen a partir de la fusión a temperaturas elevadas y posteriormente enfriamiento rápido, son insolubles en agua (Nebot-Díaz, 2000).

2.4.5.2. VIDRIADOS CON FRITAS DE BAJA TEMPERATURA (850° - 1050°C)

En su composición es utilizada una frita para poder adicionar ciertos óxidos fundentes, que por sus características no son fáciles de obtener, porque pueden ser solubles en la forma en que reaccionan a bajas temperaturas, son escasos y caros, o porque son tóxicos, como los óxidos alcalinos (Na_2O , K_2O , Li_2O) óxido de plomo (PbO) y boro (B_2O_3).

La frita en sí es un vidriado y puede ser usada como tal directamente sobre el cuerpo cerámico, pero muy frecuentemente es necesario mezclarla con arcilla para poder mantenerla en suspensión debido a que su peso específico es muy elevado. Esta combinación de frita y arcilla puede dar diferentes resultados de vidriados, considerando las diferentes tipos de arcillas. Se pueden elaborar otros tipos de vidriados más complejos utilizando frita, arcilla y sílice ó frita, arcilla, sílice y feldespató. Los vidriados resultantes de cualquiera de las combinaciones mencionadas, pueden convertirse en superficie mate agregando carbonato de calcio, carbonato de bario u óxido de cinc y/o colorearlos con óxidos. Los vidriados suelen ser brillantes y de colores vivos (Vázquez, 2005).

2.5. CÁSCARA DE HUEVO

La cáscara es la cubierta exterior del huevo y su papel es muy importante ya que mantiene su integridad física y actúa como barrera bacteriológica, del peso total del huevo el 10% corresponde a la cáscara. Constituida en su totalidad de carbonato de calcio, 47g aproximadamente y pequeñas cantidades de sodio, potasio, cinc, hierro, cobre, aluminio, boro y magnesio. El calcio que utiliza el ave para la formación de la cáscara, lo obtiene del alimento que ingiere diariamente, y solo una pequeña cantidad proviene de reservas de su propio organismo que posee en la médula ósea de ciertos huesos (Vaca, 2003).

El color de la cáscara puede ser blanco o marrón según la raza de la gallina, y su concentración de pigmentos conocidos como porfirinas, presentes en la matriz cálcica y no afectan en la calidad. Los niveles de coloración pueden ser distintos en cada gallina, la alimentación o el sistema de crianza de estas, no influyen en el color de la cáscara (blanco o marrón), ni tampoco en su intensidad si es huevo de color marrón (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

2.5.1. CARBONATO DE CALCIO

Se encuentra en estado puro en la piedra caliza y la tiza, su fórmula es CaCO_3 . Sirve como fundente energético en pastas y vidriados, sin rebasar un 10-14%, reacciona con la arcilla, sílice y feldespato para formar una masa vítrea, la cual obtiene mayor resistencia y menor porosidad, su contracción es mayor. Presenta puntos de fusión y vitrificación muy cercanos, por lo cual su temperatura no debe

excederse porque sufre deformación o formación de burbujas. El carbonato de calcio facilita el esmaltado y proporciona mayor blancura al cuerpo de arcilla.

Pastas de baja temperatura con un elevado contenido de carbonato de calcio no deben ser expuestas a la humedad aún después de su cocción, debido a que parte del óxido de calcio se rehidrata y se hincha, provocando con el paso del tiempo el cuarteo. Se usa principalmente en pastas para loza (Vázquez, 2005).

2.5.2. LA CÁSCARA DE HUEVO: DESECHO O VALOR AGREGADO

La cáscara de huevo comúnmente se considera como un desperdicio sólido ó residuo que se origina en su mayor parte en plantas de incubación de huevos, en industrias que utilizan los huevos para otros fines, como son las industrias alimentarias. Anualmente estas industrias descartan más de 58 mil toneladas de esta cáscara.

Mediante trabajos de investigación que se han realizado y procesos de reciclado múltiple con tecnología de extracción, reconcentración, estabilización y formulación de sustancias, bioelementos y principios activos que componen la cáscara de huevo, se convierten en materia prima y de gran valor agregado, principalmente por su gran contenido de carbonato de calcio que puede ser extraído y utilizado en novedosas producciones que contribuyen a una mejor calidad de vida y además bajan sustancialmente los costos de la empresa o entidad que los aprovecha, por ello su valor agregado se puede definir de doble "ECO", es decir beneficios ECOlógicos y beneficios ECONómicos, por lo que cabe

destacar que son nombrados erróneamente como desechos o residuos sólidos (Valdés, 2007).

2.6. CELOSÍA

Es un elemento arquitectónico y de interiorismo decorativo que tiene como principales funciones cubrir espacios que nos permiten observar claramente pero no ser observados, ofrecen tanto manejo de la luz y la ventilación como una excelente opción para separar espacios. Aportan un valor estético único a los ambientes y pueden ser completamente personalizadas por lo que son una opción clave en el mundo de la construcción (<https://www.arkugreen.com/post/que-son-celosias>).

2.6.1. TIPOS DE CELOSÍAS

Según su forma o estructura:

- Celosía en pieza: Las piezas conforman la celosía, son de diferentes diseños y dimensiones, se unen entre sí por medio de tornillos, engarces u otros sistemas, se pueden montar sobre un bastidor. En conjunto forman paneles o celosías para la protección o separación parcial de alguna vista de ventilación u iluminación.
- Celosía de lamas: Se usan para protección de vistas, ventilación o iluminación generalmente en fachadas. Sus formas y dimensiones son muy variadas, se ajustan sobre bastidores en forma vertical u horizontal.
- Celosía de rejillas: Su función también brinda protección de vistas y ventilación. Se constituyen por un bastidor rígido y una rejilla formada por pequeñas piezas o

flejes entrelazados o unidos entre sí. Se presentan en muchas formas y dimensiones.

- Celosía en bloque: Son piezas de materiales pétreos por lo general de concreto o cerámica que se unen con mortero o adhesivos, ofrecen protección de vistas o de iluminación y ventilación. Se presentan en una gama muy variada de diseños y dimensiones (<http://www.construmatica.com/construpedia/Celosías>).

Según los materiales más utilizados, cuyas diferencias radican sobre todo en el precio, la durabilidad y el mantenimiento.

- Celosías de madera: Se usan en jardinerías, comúnmente las plantas trepadoras las cubren, se pueden encontrar en vallas, paredes, arcos, cenadores, muretes de separación de viviendas unifamiliares. Las maderas más utilizadas para su elaboración son las de pino, abeto o madera tropical que ya vienen con un tratamiento de fábrica, es recomendable protegerlas barnizándolas cada 4 años.

- Celosías de piedra: Comúnmente se utilizan en monumentos, iglesias y construcciones. Sus formas son muy diversas, hacen verdaderas obras de arte en muchos casos.

- Celosías de policloruro de vinilo (PVC) o resina: Son recomendables para exteriores porque resisten altas y bajas temperaturas y al agua. En los exteriores de colegios son utilizadas las de PVC. Las de resinas son más resistentes que las de PVC.

- Celosías de aluminio: Se utilizan como cerramientos sobre todo en ventanas y son llamadas de contra ventana, sus formatos son rectangulares, en forma de red

o tiras de aluminio. Son más caras que las anteriores, se hacen generalmente por encargo.

o Celosías metálicas: En su mayoría son muy utilizadas para cerramientos de cubiertas exteriores en edificios. Su costo es muy elevado, mucho más que las de aluminio, se hacen generalmente por encargo (<http://www.hogar.mapfre.es/jardineria/jardines/1889/celosias>).

2.6.2. CELOSÍA CERÁMICA

El uso de celosías cerámicas en la arquitectura permite un control lumínico, térmico, ahorro energético y estética única, en la actualidad es un recurso compositivo utilizado que otorga una apariencia moderna a una edificación o vivienda, pueden adoptar prácticamente cualquier forma y color.

Las celosías cerámicas de hoy tienen sus orígenes en las primeras experiencias de la arquitectura andalusí con celosías de barro, son una imagen destacada del movimiento moderno y se ha vuelto a retomar por la versatilidad de sus acabados y la estética que otorgan.

La durabilidad del material y su buen envejecer junto con su diseño han hecho que este sistema sea recurrente a lo largo de la historia de la arquitectura y no pase de moda en ningún momento (<http://www.arquitecturayempresa.es/noticia/celosias-ceramicas>).

2.6.3. DIMENSIONES

En las celosías convencionales las dimensiones varían según el diseño que se aplique, las más utilizadas y vendidas en el mercado son (Ver Tabla 1):

| <i>Nombre</i> | <i>Dimensión</i> | <i>Pzas x m²</i> | <i>Nombre</i> | <i>Dimensión</i> | <i>Pzas x m²</i> |
|---|------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------|-----------------------------|
| *Panal octogonal | 6 x 24 x 36 cm | 12 | *Jesucito | 6.5 x 20 x 33 cm | 15 |
| *Doce cuadros | 10 x 20 x 30 cm | 16 | *Panal persiana | 7 x 24 x 33 cm | 12 |
| *Cuadro en medio | 9 x 20 x 20 cm | 11 | *Panal acordeón | 6.5 x 20 x 32 cm | 15 |
| *Panal escudito | 7 x 30 x 30 cm | 11 | *Panal de soles | 6 x 30 x 30 cm | 11 |
| *Araña | 10 x 30 x 30 cm | 11 | *Estrella tapada | 6.5 x 30 x 30 cm | 11 |
| *Estrella, moño, cuatro cajas, hoja, dos líneas, cruz en medio, circulo en medio, cuatro círculos, escudo | 10 x 25 x 25 cm | 16 | *Estrella hueca, panal escudito | 7 x 30 x 30 cm | 11 |

Tabla 1. Dimensiones de celosías convencionales.

Fuente: <https://adoquinesycelosias.com>

2.6.4. MATERIAL DE PEGADO: MORTERO MIXTO.

El material de agarre recomendado para las celosías cerámicas es el mortero mixto, el más frecuente es elaborado de la mezcla de cemento, cal, arena y agua. Es menos resistente que el mortero de cemento, pero la cal aporta mayor plasticidad al mortero, lo que ayuda a que se adhiera mejor y lo hace más flexible y compacto que el cemento, disminuyendo las fisuras por retracción.

El mortero mixto se extenderá sobre las superficies de contacto de los bloques de celosías, con un espesor de 1 cm, y sobre las juntas perimetrales de la celosía donde hace contacto con elementos estructurales de 2 cm.

Justamente por las características esta clase de mortero, se utiliza en el pegado de celosías cerámicas porque puede soportar los movimientos de dilatación (Garrido, 2013).

2.6.5. APLICACIONES

Los usos de las celosías se limitan muy poco ante la imaginación y necesidades de arquitectos y diseñadores que buscan integrar cualquier ambiente aportando originalidad y personalidad, dotando dichos espacios de privacidad sin cerrarlos totalmente al conservar el paso de luz, aire y sonido.

Aplicaciones más comunes:

- Recubrir fachadas de una casa o edificio
- Dividir espacios interiores ó exteriores
- Cubrir total o parcialmente una ventana ó hueco similar
- Adornar un muro

2.6.6. LA CELOSÍA EN LA ARQUITECTURA MODERNA

Comúnmente este elemento ha sido utilizado frecuentemente en zonas tropicales, por varios factores, uno de ellos, siendo el más importante es por su economía, por su fácil mantenimiento, pero también por ser un elemento estético que con su repetición y secuencia de motivos, agrega riqueza a un parámetro arquitectónico.

La celosía, elemento común en la arquitectura regional, sobrevivió y se adaptó perfectamente a las nuevas vanguardias arquitectónicas, introducidas al Soconusco, desde 1940, en donde se mostró más eficaz en un clima tropical que

el muro cortina de cristal, elemento tan característico del movimiento moderno. De esta manera, este elemento se convirtió en parte importante del lenguaje para una modernidad regional.

El uso de la celosía hizo puentes unificadores y de continuidad entre la arquitectura popular y la vanguardia traída de los primeros arquitectos.

Sin embargo su uso comenzó a decaer en la década de 1970, con la introducción generalizada de sistemas de enfriamiento artificial, dejando de lado los sistemas pasivos para ventilación como la celosía y el parteluz.

Sin embargo con el inicio del siglo XXI, y la responsabilidad generalizada por el ahorro energético, la idea de volver a los sistemas pasivos de ventilación es una opción lógica, pero no solamente en el ámbito del ahorro de energía, sino de la estética, la cultura, del entorno, la historia y el discurso arquitectónico, elementos fundamentales para poder establecer las bases para una arquitectura con valores regionales (<http://hanskabsch.blogspot.mx/2012/07/la-celosia.html>).

2.7. IMPACTO AMBIENTAL

En Estados Unidos existe el sistema LEED, Green Building Rating System: “Leadership in Energy & Environmental Design” (LEED, Sistema de Certificación de Edificios Verdes: Orientaciones para el Diseño Energético y Medioambiental).

El cual presenta una cultura, una nueva forma de entender la vida y el trabajo utilizando estrategias encaminadas a la sostenibilidad en la construcción de espacios responsables con el medio ambiente, cuyo diseño permita el uso eficiente de recursos naturales. Logrando a su vez, una reducción de las

emisiones de CO₂ a la atmósfera, la conservación del agua o la reducción de los residuos, durante todo el proceso productivo.

Como ya se menciona lo que mide LEED en los créditos de sus certificaciones son 6 categorías:

- Sitios sustentables
- Eficiencia en el uso del agua
- Energía y atmósfera
- Materiales y recursos
- Calidad del ambiente interior
- Innovación en el diseño

(Rey, Velasco, 2006).

2.8 GRECAS

Las grecas tienen sus orígenes remotos en Grecia, se usaba como un ornamento tanto en arquitectura, como sobre utensilios de cerámica y textil.

En la arquitectura es una especie de adorno antiquísimo, usado principalmente en la decoración de fachadas, se compone de listeles distribuidos en forma de compartimientos, con contraposición pero con simetría. Su trazado se caracteriza por ser rectilíneo, con ángulos rectos, en ellos puede apreciar la repetición de una misma forma que toma una o diversas direcciones; en volumen hacen sobresalir algunas partes de la decoración ya que tienen diferentes alturas de relieve, los huecos que los separan son anchos al igual que los listeles o franjas que se

componen. En cerámica y textil su aplicación es de forma bidimensional pero con las mismas características (Bails, 1783).

Un ejemplo de grecas esta en Mitla, zona arqueológica localizada en el estado de Oaxaca, se caracteriza por sus construcciones ornamentadas con mosaicos de grecas de un mismo tipo pero con variaciones estilísticas realizadas con piedra cortada y unida sin pegamento (Ver Fig. 2 y 3), su diseño recibió una fuerte influencia de los mixtecos (<http://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/mitla-oaxaca>).



Fig. 2. Grecas de Mitla.

Fuente:

<http://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/mitla-oaxaca>



Fig. 3. Grecas de Mitla.

Fuente:

<http://arquitectura.unam.mx/testimonio-y-resonancias-mvp.html>

3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL Y DESARROLLO

3.1. PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES

El siguiente pasó en la metodología a seguir del autor Bruno Munari, 2004. Es la preparación de los materiales reciclados: vidrio sodocálcico y cáscara de huevo, los cuales pasarán por diferentes procesos con el fin de obtenerlos molidos (Ver Fig. 1).

3.1.1. PREPARACIÓN DEL VIDRIO

○ Inicialmente se seleccionaron botellas de vidrio sodocálcico de dos colores verde y ámbar, se limpiaron y se introdujeron a calentar en un horno de convección hasta 150°C durante 15 minutos (Ver Fig.4).



Fig.4. Calentamiento de las botellas de vidrio en el horno.

Fuente: propia.

- Los vidrios se metieron en una olla de peltre con agua fría, lo cual provoco un choque térmico y se obtuvieron los pedazos de vidrio listos para moler (Ver Fig.5).



Fig.5. Pedazos de botellas de vidrio.

Fuente: propia.

- La trituración se realizó en un molino de jarras a una velocidad de 50 rpm, en lapsos aproximadamente de 3 horas (Ver Fig. 6), donde un 50% de medios de molienda (alúminas de $\frac{1}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ") fueron introducidas para ayudar a la molienda de los pedazos de vidrio.

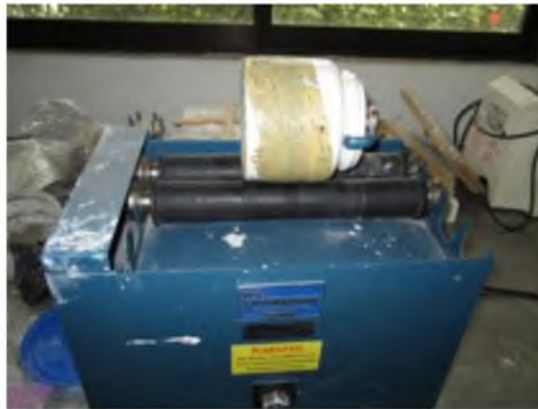


Fig.6. Molino de jarras.

Fuente: propia.

- Con un tamiz para pruebas de laboratorio (abertura 1.18 mm) se dejó caer toda la materia molida (Ver Fig. 7), para después recolectar los medios de molienda (alúminas de ¼" y ½") y los pedazos de vidrio que no se molieron.



Fig.7. Tamiz con la materia molida y medios de molienda (alúminas de ¼" y ½").

Fuente: propia.

- Se obtuvo 1.340 kg de vidrio molido, el 50% corresponde al vidrio color verde y el otro 50% al vidrio color ámbar, la combinación dio como resultado un vidrio en polvo color beige (Ver Fig. 8).



Fig.8. Vidrio molido.

Fuente: propia

3.1.2. PREPARACIÓN DE LA CÁSCARA DE HUEVO

- Inicialmente se recolectó la cáscara de huevo color blanco (Ver Fig.9).



Fig. 9. Cáscara de huevo blanca partida.

Fuente: propia.

- Se vació cascará de huevo y medios de molienda (alúminas de $\frac{1}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ") a la jarra de porcelana (Ver Fig. 10).



Fig. 10. Jarra de porcelana con la cáscara de huevo y medios de molienda (alúminas de $\frac{1}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ").

Fuente: propia.

- La trituración se realizó en el molino a una velocidad de 50 rpm (Ver Fig. 11), durante aproximadamente 1 hora.



Fig. 11. Molino de jarras de porcelana.

Fuente: propia.

- Se tamizó (abertura 9.5 mm) la cáscara de huevo para dejar caer toda la materia molida (Ver Fig. 12) y recolectar los medios de molienda (alúminas de $\frac{1}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ").



Fig. 12. Tamiz con cáscara de huevo molida y medios de molienda (alúminas de $\frac{1}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ").

Fuente: propia.

- Se obtuvo 1.528 kg de cáscara de huevo molida, con características físicas en polvo color blanco, inodoro libre de impurezas (Ver Fig. 13).



Fig. 13. Cáscara de huevo molida.

Fuente: propia.

3.2. EXPERIMENTACIÓN

El siguiente pasó en la metodología a seguir del autor Bruno Munari, B., 2004. Es la experimentación (Ver Fig. 1) la cual consiste en reproducir y observar varias veces el hecho que se quiere estudiar, modificando las variables y circunstancias que se consideren convenientes y comprobar si se cumplen los objetivos.

3.2.1. MEZCLA Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

- Se calcularon diferentes cantidades de los materiales (vidrio, cáscara de huevo, caolín y agua) de acuerdo a porcentajes propuestos (Ver Tabla 2), para el mezclado y la preparación de 9 composiciones con 9 muestras cada una.
- El procedimiento de elaboración de las muestras se inicio con la preparación del molde, sobre una placa de yeso cerámico de 30x30x5 cm con un desnivel del 20%

de altura (Ver Fig. 14), se colocaron tiras de madera de 26x2x0.5 cm (Ver Fig. 15), con 1 cm de separación entre cada una, fijadas con plastilina (Ver Fig. 16).



Fig. 14. Placa de yeso cerámico.

Fuente: propia.



Fig. 15. Tiras de madera melina.

Fuente: propia.



Fig. 16. Molde preparado.

Fuente: propia.

- Se realizó el cálculo de de las 9 composiciones diferentes (Ver Tabla 2). Un total de 95 g de vidrio, cáscara de huevo y caolín, con un 45% (42.75 g) de agua del peso de los materiales secos por cada composición, para reproducir 9 muestras de 8x1x0.5 cm cada una.

| MUESTRAS | | |
|-------------------------|------------------------------|--|
| Número de composiciones | Cantidades | Porcentajes de los materiales |
| 1 | 19 g 9.5 g 66.5 | 20% Vidrio 10% Cáscara de huevo 70% Caolín |
| 2 | 19 g 14.25 g 61.75 g | 20% Vidrio 15% Cáscara de huevo 65% Caolín |
| 3 | 19 g 19 g 57 g | 20% Vidrio 20% Cáscara de huevo 60% Caolín |
| 4 | 28.5 g 9.5 g 57 g | 30% Vidrio 10% Cáscara de huevo 60% Caolín |
| 5 | 28.5 g 14.25 g 52.25 g | 30% Vidrio 15% Cáscara de huevo 55% Caolín |
| 6 | 28.5 g 19 g 47.5 g | 30% Vidrio 20% Cáscara de huevo 50% Caolín |
| 7 | 38 g 9.5 g 47.5 g | 40% Vidrio 10% Cáscara de huevo 50% Caolín |
| 8 | 38 g 14.25 g 42.75 g | 40% Vidrio 15% Cáscara de huevo 45% Caolín |
| 9 | 38 g 19 g 38 g | 40% Vidrio 20% Cáscara de huevo 40% Caolín |

Tabla 2. Composiciones con diferentes porcentajes de materiales.

Fuente: propia.

- Posteriormente se preparó la barbotina, en una balanza de precisión Denver Instrument se pesaron los materiales secos dentro de un vaso de precipitado de

200 ml (Ver Fig. 17), se mezclaron uniformemente. Se le adicionó el 45% de agua y se volvió a mezclar quedando así la barbotina (Ver Fig. 18).



Fig. 17. Pesado de materiales.

Fuente: propia.



Fig. 18. Barbotina.

Fuente: propia.

○ Se realizó el vaciado de barbotina en el molde de yeso cerámico y tiras de madera (Ver Fig. 19), se dejó reposar 15 minutos aproximadamente para que la consistencia fuera más espesa y poder cortar las 9 muestras de 8 cm de largo. A cada muestra se le trazo una línea en medio de 5 cm, quedando 1.5 cm en cada extremo sin marcar (Ver Fig. 20).



Fig. 19. Vaciado de barbotina.

Fuente: propia.



Fig. 20. Muestras dimensionadas.

Fuente: propia.

- El proceso se repitió para las 9 composiciones diferentes, obteniendo así 81 muestras. Se dejó secar sobre el molde cada composición aproximadamente 2 hrs, después se fueron pasando a una base de triplay (Ver Fig. 21).



Fig. 21. Muestras con diferentes composiciones.

Fuente: propia.

3.2.2. PRUEBAS

3.2.2.1. TRATAMIENTO TÉRMICO

El tratamiento térmico sirve para proporcionar a los materiales unas propiedades específicas adecuadas para su uso final, modifica factores tales como los constituyentes estructurales y la granulometría, y como consecuencia las propiedades físicas y mecánicas.

El tratamiento térmico se realizó en un horno Thermo Scientific Thermolyne (Ver Fig. 22), introduciendo una muestra de cada composición a temperaturas, tiempos y velocidades de cocción diferentes (Ver Tabla 3).

| Velocidad de calentamiento | Temperatura de cocción | Tiempo de cocción |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 9.47 °C/min | 900 °C | 60 min |
| 9.47 °C/min | 900 °C | 120 min |
| 9.47 °C/min | 900 °C | 180 min |
| 10 °C/min | 950 °C | 60 min |
| 10°C/min | 950 °C | 120 min |
| 10°C/min | 950 °C | 180 min |
| 10.52°C/min | 1000 °C | 60 min |
| 10.52°C/min | 1000 °C | 120 min |
| 10.52°C/min | 1000 °C | 180 min |

Tabla 3. Tratamiento térmico.

Fuente: propia.



Fig. 22. Colocación de muestras en el horno Thermo Scientific Thermolyne.

Fuente: propia.

Las muestras al salir del horno no presentaban ninguna grieta ni cuarteadura, sino cierto tiempo después, entre un lapso de 4 a 7 días que es cuando sufrían cambios de temperatura y humedad; empezaban con grietas y cuarteaduras hasta desmoronarse (Ver Fig. 23-28). Hay que tener en cuenta las posibles causas que lo producen:

- El caolín funde sobre los 1800 °C, tiene la propiedad de ser higroscópica (absorbe humedad ambiental) lo que le provoca un cambio volumétrico a la muestra, aunque sea muy mínimo, puede ser suficiente para producir el cuarteo.
- El carbonato de calcio sirve como fundente energético sin rebasar un 10-14%, las pastas de baja temperatura con un elevado contenido de carbonato de calcio no deben ser expuestas a la humedad aún después de su cocción, debido a que parte del óxido de calcio se rehidrata y se hincha, provocando con el paso del tiempo el cuarteo.



Fig. 23. Muestras cocidas a 900°C durante 60 min. Fuente: propia.



Fig. 24. Muestras cocidas a 900°C durante 120 min. Fuente: propia.



Fig. 25. Muestras cocidas a 900°C durante 180 min. Fuente: propia.



Fig. 26. Muestras cocidas a 950°C durante 60 min. Fuente: propia.



Fig. 27. Muestras cocidas a 1000°C durante 60 min. Fuente: propia.



Fig. 28. Muestras cocidas a 1000°C durante 120 min. Fuente: propia.

Debido a que las muestras con las composiciones anteriores (Ver tabla 2) no sirvieron, se realizaron otras muestras con otras composiciones propuestas considerando que en las muestras anteriores se utilizaron altos porcentajes de caolín y de cáscara de huevo (carbonato de calcio), las cuales fueron unas de las posibles causas. Se consideró que el porcentaje de vidrio en las muestras fuera mayor al de cáscara de huevo y caolín, con un 40% (16 g) de agua de los materiales secos por cada composición (Ver Tabla 4), para reproducir 3 muestras de 8x1x0.5 cm por cada una.

| MUESTRAS | | |
|-------------------------|------------|-------------------------------|
| Número de composiciones | Cantidades | Porcentajes de los materiales |
| 1 | 28 g | 70% Vidrio |
| | 4 g | 10% Cáscara de huevo |
| | 8 g | 20% Caolín |
| 2 | 26.4 g | 66% Vidrio |
| | 5.6 g | 14% Cáscara de huevo |
| | 8 g | 20% Caolín |

Tabla 4. Composiciones con diferentes porcentajes de materiales. .

Fuente: propia.

El tratamiento térmico se realizó a 3 tiempos diferentes de permanencia, con una sola temperatura y velocidad de calentamiento (Ver Tabla 5).

| Velocidad de calentamiento | Temperatura de cocción | Tiempo de cocción |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 10 °C/min | 1000 °C | 60 min |
| 10 °C/min | 1000 °C | 120 min |
| 10 °C/min | 1000 °C | 180 min |

Tabla 5. Tratamiento térmico.

Fuente: propia

Las muestras obtenidas tras la cocción presentaron grietas y cuarteaduras a los 4 ó 7 días, hasta desmoronarse al transcurrir más tiempo (Ver Fig. 29-31), ocurrió lo mismo que en las muestras anteriores. En este caso la causa principal pudo ser la distribución granulométrica del vidrio, el cual paso por un tamiz de abertura de 1.18 mm y es considerado polvo medio por el tamaño de partícula, (es el material utilizado en mayor porcentaje), dado que de ella va a depender el grado de empaquetamiento de estas y, por lo tanto, las propiedades físico-mecánicas de la muestra resultan carentes.



Fig. 29. Muestras cocidas a 1000°C
durante 60 min.
Fuente: propia.



Fig. 30. Muestras cocidas a 1000°C
durante 120 min.
Fuente: propia.



Fig. 31. Muestras cocidas a 1000°C
durante 180 min.
Fuente: propia.

Dado que no se cumplen los objetivos con las muestras anteriores, se reprodujeron otras composiciones obteniendo 2 muestras por cada composición con las mismas dimensiones, modificando las variables que causan ese hecho, en este caso utilizaremos vidrio sodocálcico puro sin color, transparente, con una granulometría aproximada de 45 μm (malla 325) el cual es fino, nos ayuda a un mayor empaquetamiento de partículas. Cabe mencionar que este vidrio es obtenido de fritas por lo cual su cocción es a baja temperatura alrededor de 1000 $^{\circ}\text{C}$.

| MUESTRAS | | |
|-------------------------|------------|-------------------------------|
| Número de composiciones | Cantidades | Porcentajes de los materiales |
| 1 | 32 g | 80% Vidrio |
| | 4 g | 10% Cáscara de huevo |
| | 4 g | 10% Caolín |
| 2 | 34 g | 85% Vidrio |
| | 2 g | 5% Cáscara de huevo |
| | 4 g | 10% Caolín |

Tabla 6. Composiciones con diferentes porcentajes de materiales. .

Fuente: propia.

El tratamiento térmico será a 2 tiempos de permanencia diferentes, con una sola temperatura y velocidad de calentamiento (Ver Tabla 7).

| Velocidad de calentamiento | Temperatura de cocción | Tiempo de cocción |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ | 1000 $^{\circ}\text{C}$ | 60 min |
| 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ | 1000 $^{\circ}\text{C}$ | 120 min |

Tabla 7. Tratamiento térmico.

Fuente: propia

Las muestras una vez cocidas no presentaron ninguna grieta ni cuarteadura, así permanecieron tras el transcurso de los días (Ver Fig. 32), lo que nos muestra que la temperatura de cocción adecuada es a 1000°C con una velocidad de calentamiento de 10°C/min, de esta manera las muestras fueron elaboradas con la cantidad de material correcto, y así son capaces de resistir cambios de temperatura y humedad al estar expuestos al medio ambiente debido a la baja porosidad, y por lo tanto baja absorción de agua, siendo este material idóneo.



Fig. 32. Muestras cocidas a 1000°C.

Fuente: propia.

3.2.2.2. CONTRACCIÓN POR SECADO Y POR COCCIÓN.

Todas las arcillas o pastas cerámicas sufren encogimientos a lo largo del proceso en que son transformados en objetos, presentándose dos tipos de contracción: contracción de secado o también conocida como contracción en verde y la contracción de cocción.

En este caso la contracción de secado que presentaron después de 24 hrs aproximadamente se demostró midiendo la línea de 5 cm que se les trazo a las muestras en húmedo, una vez secas se redujo a 4.8 cm, lo cual indica que la contracción fue de un 4%, en las 4 últimas muestras

La segunda contracción de cocción se midió y todas las muestras se redujeron 1 mm es decir a 4.7 cm por lo que tuvieron una contracción del 2.08 %.

3.2.2.3. POROSIDAD

La porosidad es la forma en la que se miden los espacios vacíos que encontramos dentro del material cerámico. Entre más espacios haya en el material, mayor será la habilidad de absorción de agua que tendrá. Para saber el porcentaje de porosidad de cada una de las últimas 4 muestras, realizamos los siguientes cálculos.

$$\rho_{\text{real}} = x \rho_{\text{Carbonato de calcio}} + x \rho_{\text{Caolín}} + x \rho_{\text{Vidrio de sosa y cal}} \quad (1)$$

$$V_{\text{sólido}} = \frac{m}{\rho_{\text{real}}} \quad (2)$$

$$V_{\text{poros}} = V_{\text{aparente}} - V_{\text{sólido}} \quad (3)$$

$$\% \text{ porosidad} = \left[\frac{V_{\text{aparente}} - V_{\text{sólido}}}{V_{\text{aparente}}} \right] \left[100 \right] \quad (4)$$

La densidad es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, por lo tanto la densidad aparente es una magnitud aplicada en materiales porosos, los cuales forman cuerpos heterogéneos con intersticios de aire u otra sustancia normalmente más ligera, de forma que la densidad real del

cuerpo que nos muestra la ecuación 1 es menor que la densidad del material poroso.

Las muestras 1 y 2 corresponden a la composición 1 donde se utilizó un 80% de vidrio, 10% cáscara de huevo y 10% caolín; las muestras 3 y 4 son de la composición 2 donde se utilizó un 85% de vidrio, un 5% de cáscara de huevo y un 10% de caolín. La muestra 1 y 3 fueron cocidas a 1000°C, durante 60 minutos, con una velocidad de calentamiento de 10°C/min; las muestras 2 y 4 fueron cocidas a 1000°C, durante 120 minutos, con una velocidad de calentamiento de 10°C/min.

Al realizarse los cálculos, la muestra 1 resulta con un mayor porcentaje de porosidad (Ver Tabla 8), es decir tiene mayor absorción de agua por lo que es la menos recomendable para su uso y la más recomendable es la muestra 4.

| Muestra | Masa | ρ real | $V_{aparente}$ | $V_{sólido}$ | V_{poros} | % porosidad |
|----------------|-------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| 1 | 6.27 g | 2.53 g/cm ³ | 4.06 cm ³ | 2.47 cm ³ | 1.59 cm ³ | 39.16 % |
| 2 | 6.05 g | 2.53 g/cm ³ | 3.86 cm ³ | 2.39 cm ³ | 1.47 cm ³ | 38.08 % |
| 3 | 6.40 g | 2.52 g/cm ³ | 4.14 cm ³ | 2.53 cm ³ | 1.61 cm ³ | 38.88 % |
| 4 | 6.63 g | 2.52 g/cm ³ | 3.93 cm ³ | 2.63 cm ³ | 1.3 cm ³ | 33.07 % |

Tabla 8. Masa, densidad real, volumen aparente, volumen sólido, volumen de poros y porcentaje de porosidad en las muestras.

Fuente: propia

3.2.2.4. ABSORCIÓN DE AGUA

La absorción de agua se define como la cantidad de agua que puede retener una muestra del material después de estar inmersa 24 horas o más. Si P_s es el peso de la muestra en seco y P_h es de la misma muestra una vez absorbida el agua, la absorción será:

$$A (\%) = \left[\frac{P_h - P_s}{P_s} \right] \left[100 \right] \quad (5)$$

Las muestras fueron pesadas en seco en una balanza analítica, luego se sumergieron en agua en vasos desechables de 250 ml; a los pocos minutos se desmoronaron, por lo que se considera recomendable un aumento en la temperatura de cocción; las muestras se dejaron durante 7 días, después se tomo su peso en húmedo hubo perdida de material y se realizó el cálculo del porcentaje de absorción de agua con la ecuación (5), según los resultados nos indica que en las muestras se presenta una fase soluble (Ver Tabla 9). El material no es apto para estar en zonas con exceso de humedad.

| MUESTRA | PESO SECO | PESO HUMEDO | % ABSORCIÓN DE AGUA |
|---------|-----------|-------------|---------------------|
| 1 | 6.27 g | 6.02 g | 25 % |
| 2 | 6.05 g | 5.95 g | 0.1 % |
| 3 | 6.40 g | 6.1 g | 30 % |
| 4 | 6.63 g | 6.12 g | 51 % |

Tabla 9. Peso seco, peso húmedo y porcentaje de absorción de agua en las muestras.

Fuente: propia.

4. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA CELOSÍA

4.1. PROPUESTAS

4.1.1. PROPUESTA 1

El diseño se inspiró en formas de grecas, que se caracterizan por ser franjas que van tomando una o diversas direcciones por la continua repetición de un mismo elemento, por lo general forman ángulos rectos, con simetría, con ritmo visual adecuado y una estética equilibrada.

El diseño bidimensional se realizó a través de una red cuadrículada (filas y columnas), donde la suma de la unidad modular (cuadrado) forma un módulo mayor (Ver Fig. 33) y un conjunto de módulos mayores a la composición (Ver Fig. 34). Donde los módulos son individuales pero al mismo tiempo interdependientes.

Se realizó el uso de dos colores contrastados, para hacer notar que tendrá cambios de volumen el módulo (celosía) tridimensional.

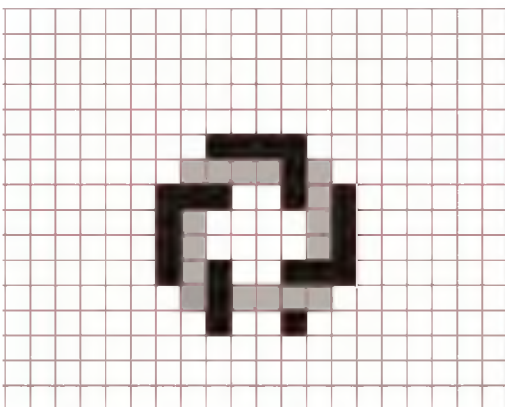


Fig. 33. Trazado bidimensional
de la propuesta 1.

Fuente: propia.

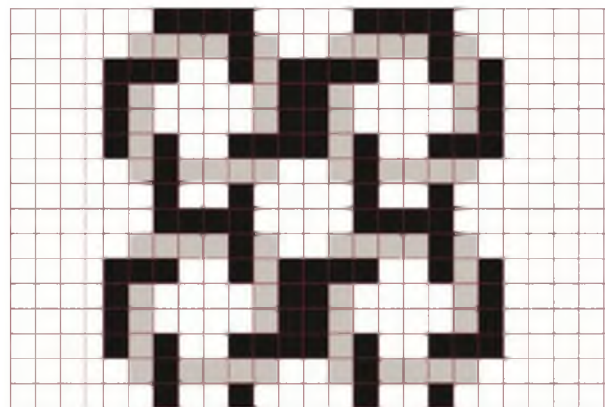


Fig. 34. Composición modular
(celosía) bidimensional.

Fuente: propia.

Se realizó el modelo digital tridimensional variando las dimensiones del volumen, para observar la forma individual de la celosía así como también formando la composición (Ver Fig. 35). La unidad modular bidimensional mide 2.5 cm x 2.5 cm, por lo que las dimensiones tridimensionales máximas de la celosía son de 20 cm x 7 cm x 20 cm. Se utilizan 25 piezas por 1m².

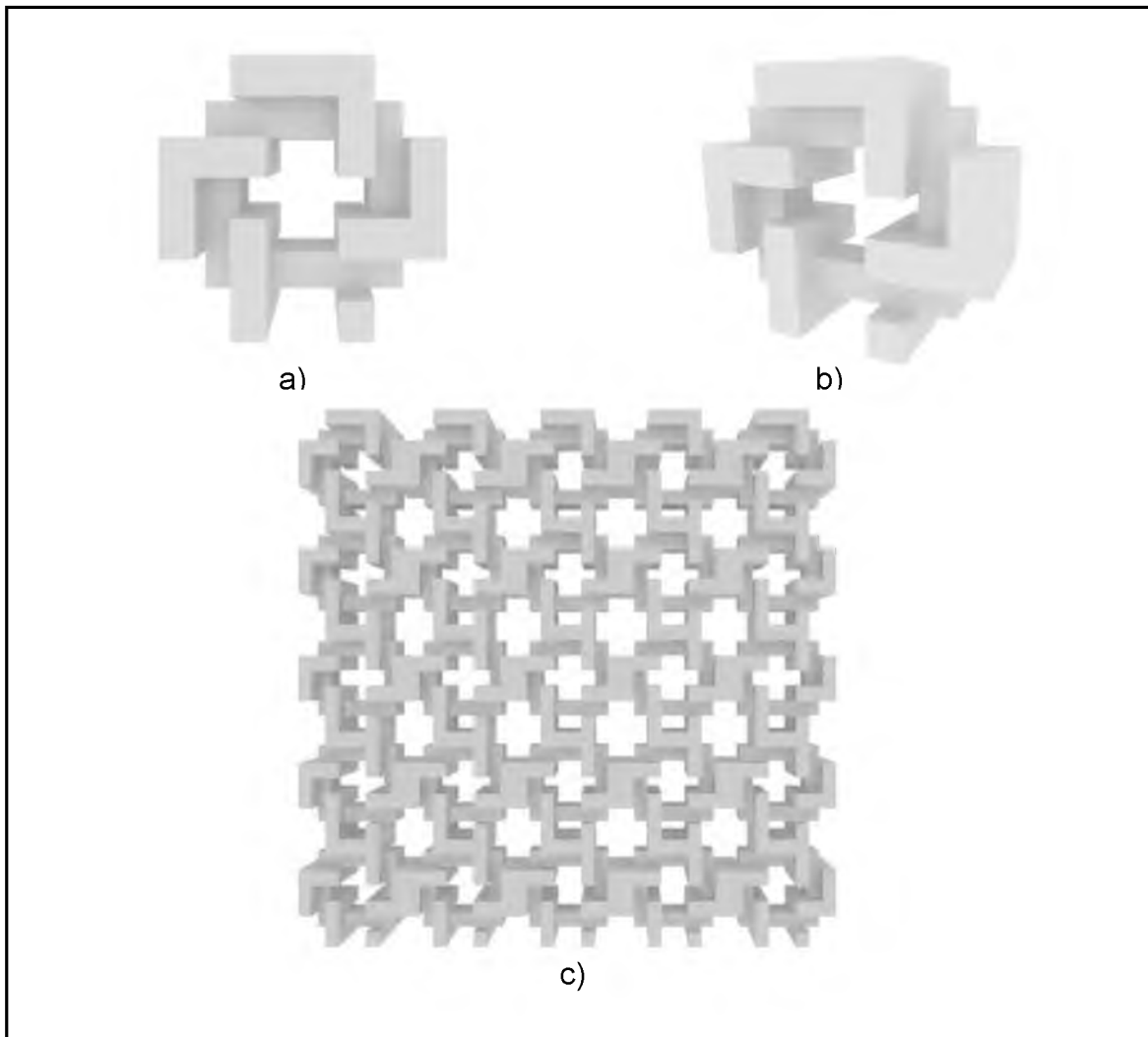


Fig. 35. a), b) Celosía y c) Composición de celosías.

Fuente: propia.

4.1.2. PROPUESTA 2

El proceso que se utilizó fue el mismo que el de la propuesta 1, donde el diseño bidimensional fue inspirado en las grecas y elaborado en una red cuadrículada (filas y columnas) (Ver Fig. 36) así como también la composición modular para ver la unión entre los módulos (Ver Fig. 37). Se hizo el uso de los dos colores contrastados, para hacer notar los cambios de volumen que se harán a la propuesta tridimensional.

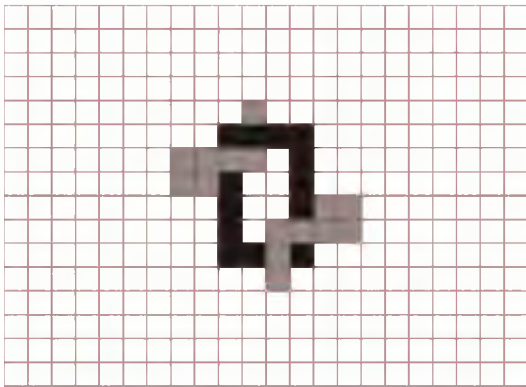


Fig. 36. Trazado bidimensional
de la propuesta 2.

Fuente: propia.

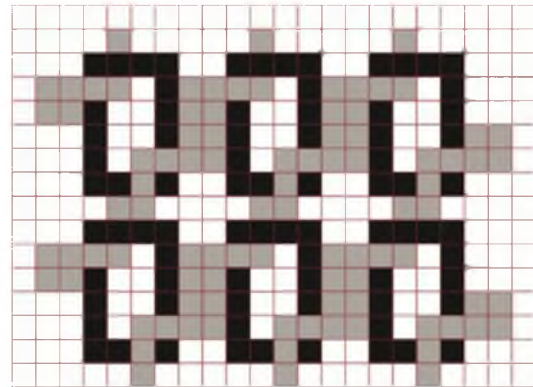


Fig. 37. Composición modular
(celosía) bidimensional.

Fuente: propia.

Se realizó el modelo digital tridimensional para ver el volumen del diseño de la celosía de forma individual y en conjunto formando la composición (Ver Fig. 38). La unidad modular bidimensional mide 2.5 cm x 2.5 cm, por lo que las dimensiones tridimensionales máximas de la celosía son de 20 cm x 7 cm x 20 cm. Se ajustaron las dimensiones de la celosía a 21 cm x 7 cm x 22 cm para utilizar 30 piezas en 1 m².

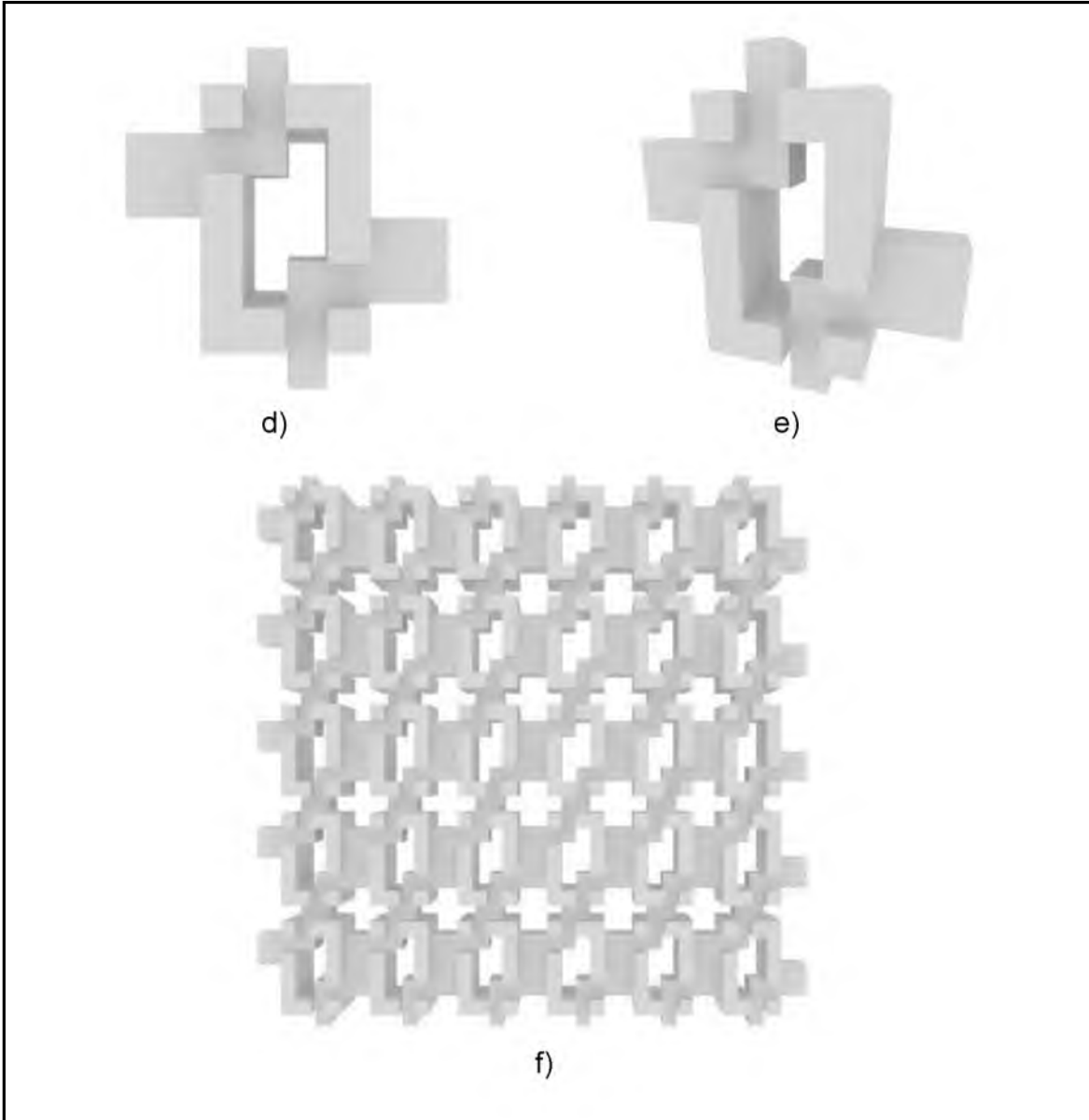


Fig. 38. d), e) Celosía y f) Composición de celosías.

Fuente: propia.

4.1.3. PROPUESTA 3

El diseño bidimensional se realizó a través de una red de triángulos equiláteros, con los cuales se forman hexágonos regulares, partimos del trazo de un conjunto de unidades modulares (Ver Fig. 39), superponemos 4 hexágonos sobre el módulo mayor y obtenemos el diseño el cual crea una sensación óptica de tridimensionalidad (Ve Fig. 40). Se trazo la composición modular (Ver Fig. 41).

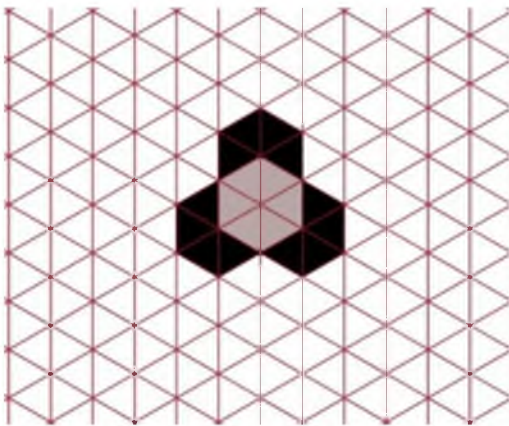


Fig. 39. Conjunto de unidades modulares.

Fuente: propia.

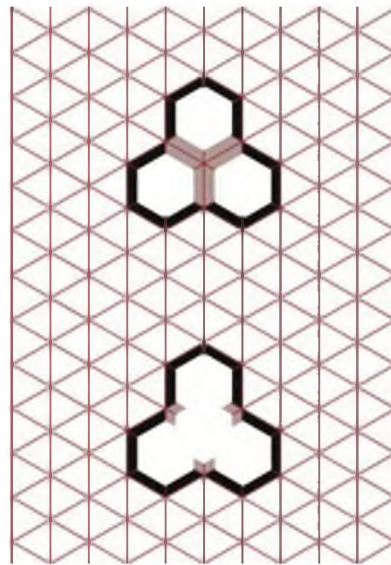


Fig. 40. Superposición de hexágonos sobre el módulo mayor.

Fuente: propia.

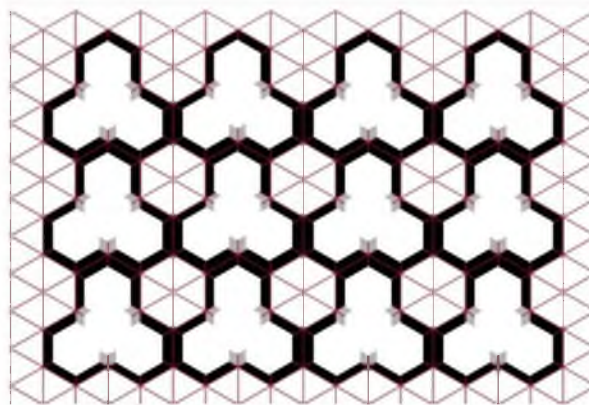


Fig. 41. Composición modular (celosía) bidimensional.

Fuente: propia.

Se elaboró el modelo digital tridimensional y la composición de las celosías (Ver Fig. 42) para obtener una mejor representación del diseño bidimensional. La unidad modular que en este caso fue el triángulo equilátero, mide 5 cm en sus tres lados iguales, las dimensiones tridimensionales máximas de la celosía son de 17.3 cm x 7 cm x 17.5 cm; considerando que por la superposición de hexágonos quedo una equidistancia de 2 cm que corresponde al grosor de la celosía.

Se ajustaron las dimensiones de la celosía a 20 cm x 7 cm x 19 cm para utilizar 30 piezas en 1 m².

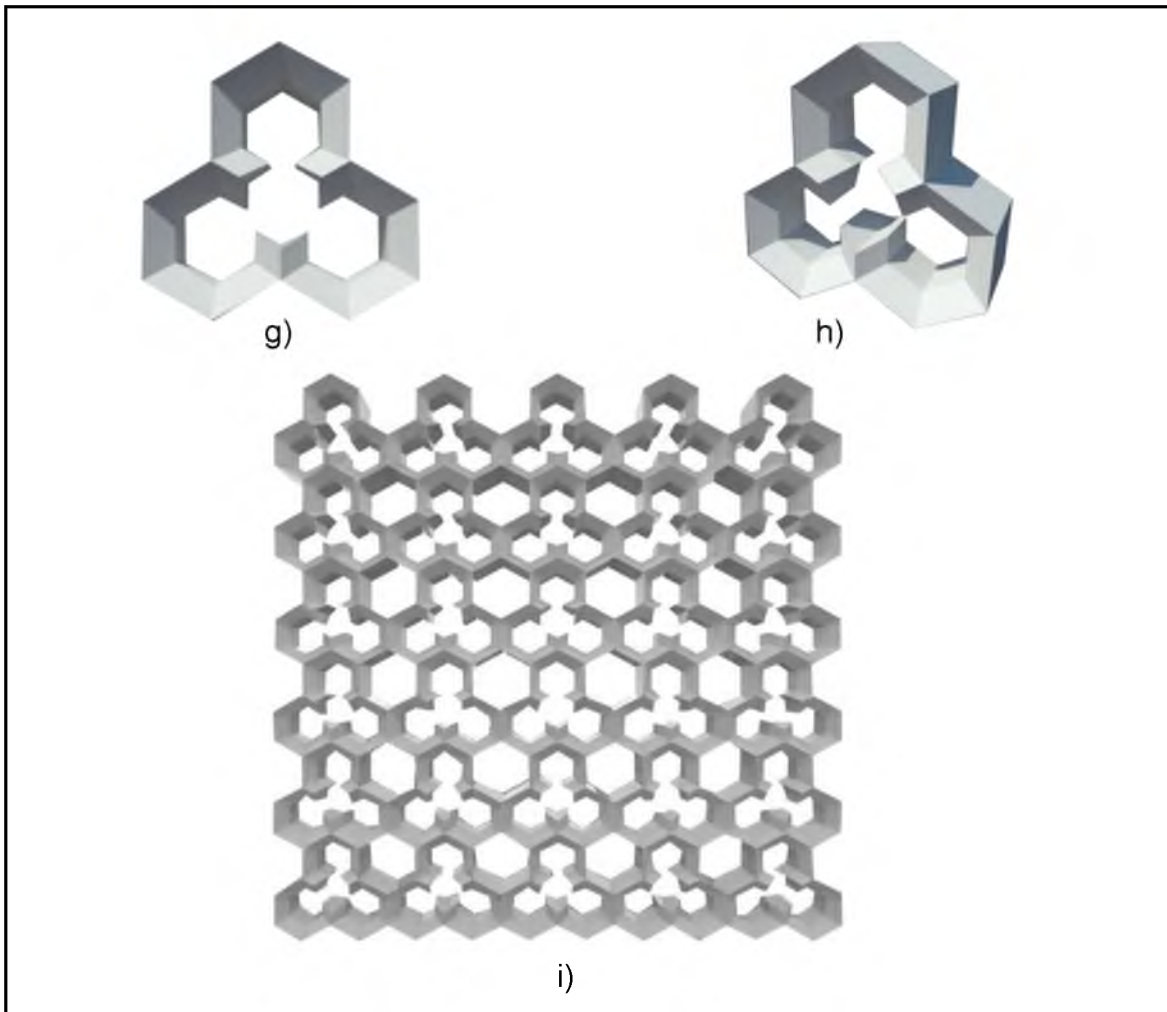


Fig. 42. g), h) Celosía y i) Composición de celosías.

Fuente: propia.

4.2. MODELADO DIGITAL E IMPRESIÓN 3D DE LA CELOSÍA

Se realizó el modelo digital tridimensional en el software Solidworks 2015 y sus respectivos planos (Ver Anexo), para poder obtenerla impresa en sus tres dimensiones en escala 1:1 la celosía se dividió en 18 piezas y se fue obteniendo el código G en el software Cura, para ir imprimiendo pieza por pieza (Ver Fig. 43) en la impresora 3D modelo BCN3D+ con filamento plástico PLA de 3 mm. Impresas todas las piezas se unieron para formar el modelo de la celosía (Ver Fig. 44).

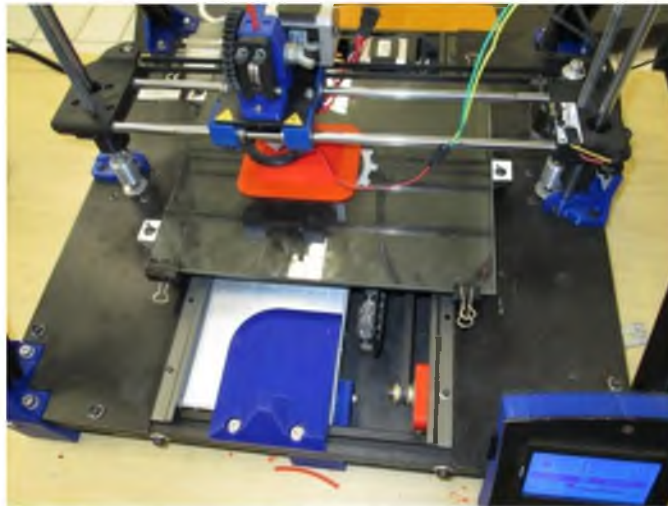


Fig. 43. Pieza de la celosía imprimiéndose.

Fuente: propia.



Fig. 44. Modelo de la celosía.

Fuente: propia.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Para lograr obtener las proporciones adecuadas de la arcilla y los materiales reciclados en una muestra que resultara la mejor opción, que cumpliera los objetivos planteados para el diseño de la celosía, se prepararon en total 91 muestras de las cuales 87 muestras no sirvieron después de unos días de ser sometidas a la prueba de tratamiento térmico; pudimos observar que esta prueba nos llevo más tiempo y fue la más importante dado que lo que se requiere obtener es un material cerámico de baja temperatura de fusión. Las últimas 4 muestras cocidas a una temperatura de 1000°C , a una velocidad de calentamiento de $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ y un tiempo de 60 y 120 min; fueron las que nos sirvieron dado que mostraron tener propiedades físicas y mecánicas adecuadas, cuentan con una excelente durabilidad al paso del tiempo sin agrietarse ni cuartearse.

La prueba de porosidad nos dio como resultado que la muestra 4 que está compuesta de un 85% de vidrio, un 5% de cáscara de huevo y un 10% de caolín cocida a 1000°C , durante 120 minutos, con una velocidad de calentamiento de $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$, es la que cuenta con un menor porcentaje de porosidad que es de un 33.07%. Por lo tanto esta última, sería la más óptima para utilizar en el diseño de la celosía.

5.2 RECOMENDACIONES

Dado que en la prueba de absorción de agua las muestras presentaron una fase soluble, lo que hizo que se desmoronaran al estar sumergidas en agua, es

recomendable que no se use la celosía en exteriores, y podría usarse pero aplicándole un recubrimiento de alguna resina o pintura base polimérica impermeable.

Para obtener la pieza del diseño de la celosía cerámica se recomienda el proceso de vaciado por barbotina en un molde poroso de yeso en dos partes.

El material sirve porque esta sinterizado es estable al ambiente sin exceso de humedad, en espacios interiores su uso sería ideal al separar espacios (Ver Fig. 45).



Fig. 45. Render de las celosías en un espacio interior.

Fuente: propia.

REFERENCIAS DOCUMENTALES

Bails, B. (1783). *Elementos de Matemática Tom. IX. Parte I. Que trata de la Arquitectura Civil*. Madrid: Don Joaquín Ibarra.

Cabildo, P., Claramunt, R., Cornago, P., Escolástico C., Esteban S., Farrán, A., et al. (2010). *Reciclado y tratamiento de residuos*. Madrid: UNED.

Chavarria, J. (2009). *La Cerámica*, (Séptima edición). España: Parramón.

De Larrucea, J.R., Marí, R., Mallofré, J.M. (2012). *Transporte en contenedor*, (Segunda edición). Barcelona: Marge Books.

Garrido Moreno, M.J. (2013). *Bricolaje Albañilería*. España: Paraninfo, S. A.

Hill, J.W., Kolb, D.K. (1999). *Química para el nuevo milenio*, (Octava edición). México: Prentice Hall.

Instituto de Estudios del Huevo. (2009). *El gran libro del huevo*. España: Everest, S. A.

Jr Callister, D. W. (2007). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales I*. España: Reverté.

Kalpakjian, S., Schmid, S. R. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*, (Cuarta edición). México: Pearson Educación.

Midgley, B. (1993). *Guía completa de Escultura, Modelado y Cerámica*, (Segunda edición). Madrid: Hermann Blume.

- Munari, B. (2004). *¿Cómo nacen los objetos?*. Barcelona: Gustavo Gilí, S. A.
- Nebot-Díaz, I., Marchal, M., Irún, M., Carda, J. B. (2000). *Nuevas tecnologías para el sector cerámico*. España: Universitat Jaume I.
- Rey Martínez, F. J., Velasco Gómez, E. (2006). *Eficiencia energética en edificios: certificación y auditorías energéticas*. España: Thomson.
- Salán Ballesteros, M. N. (2005). *Tecnología de proceso y transformación de materiales*, (Primera edición). Barcelona: UPC.
- Vaca Adam, L. (2003). *Producción avícola*, (Primera edición). Costa Rica: EUNED.
- Vázquez Malagón E. (2005). *Materiales Cerámicos. Propiedades, Aplicaciones y Elaboración*. México: UNAM.
- Valdés Figueroa, M. J. (2007). La cáscara de huevo: ¿Desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Una experiencia cubana. Recuperado el 15 de noviembre de 2015, de <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5393/CONFERENCIA%20INVESTIGACION%20Y%20APLIC.%20CASCARA%20DE%20HUEVO-2.pdf>
- <https://www.arkugreen.com/post/que-son-celosias> (fecha de consulta: 28 de marzo de 2022).
- <http://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/mitla-oaxaca> (fecha de consulta: 28 de marzo de 2022).

<http://arquitectura.unam.mx/testimonio-y-resonancias-mvp.html> (fecha de consulta: 28 de marzo de 2022).

<http://www.arquitecturayempresa.es/noticia/celosias-ceramicas> (fecha de consulta: 28 de marzo de 2022).

<https://adoquinesycelosias.com> (fecha de consulta: 28 de marzo de 2022).

<http://www.construmatica.com/construpedia/Celosías> (fecha de consulta: 28 de marzo de 2022).

<http://www.decodesk.com> (fecha de consulta: 28 de marzo de 2022).

<http://hanskabsch.blogspot.mx/2012/07/la-celosia.html> (fecha de consulta: 28 de marzo de 2022).

<http://www.hogar.mapfre.es/jardinaria/jardines/1889/celosias> (fecha de consulta: 28 de marzo de 2022).

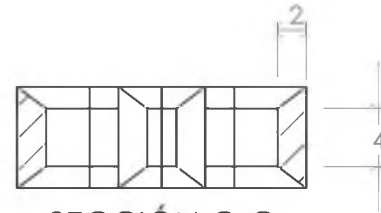
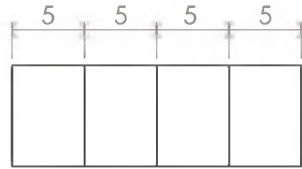
ANEXO

2

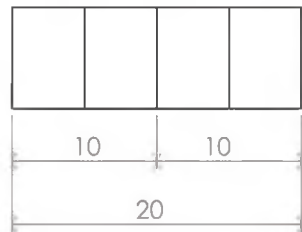
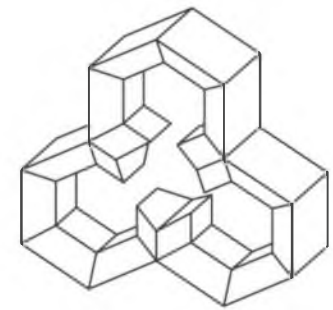
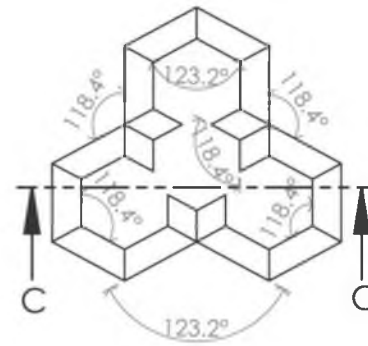
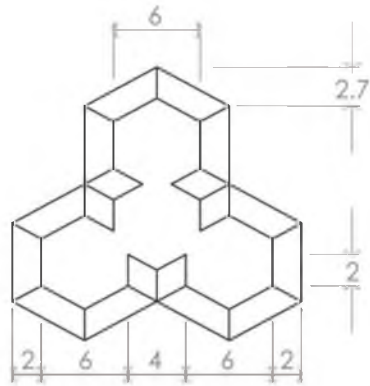
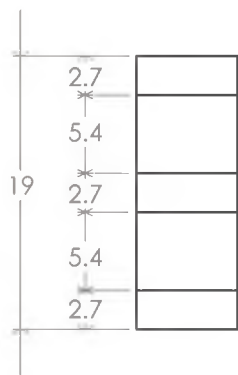
1

B

B



SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 5



A

A

| | | |
|---------------|----------------------------|-----------------------|
| N.º DE DIBUJO | BERENICE HERNÁNDEZ AGUILAR | COTAS: cm |
| 1 | CELOSÍA CERÁMICA | |
| | ESCALA: 1:5 | FECHA: 28-03-22 |
| | | FORMATO: A4 |

2

1