

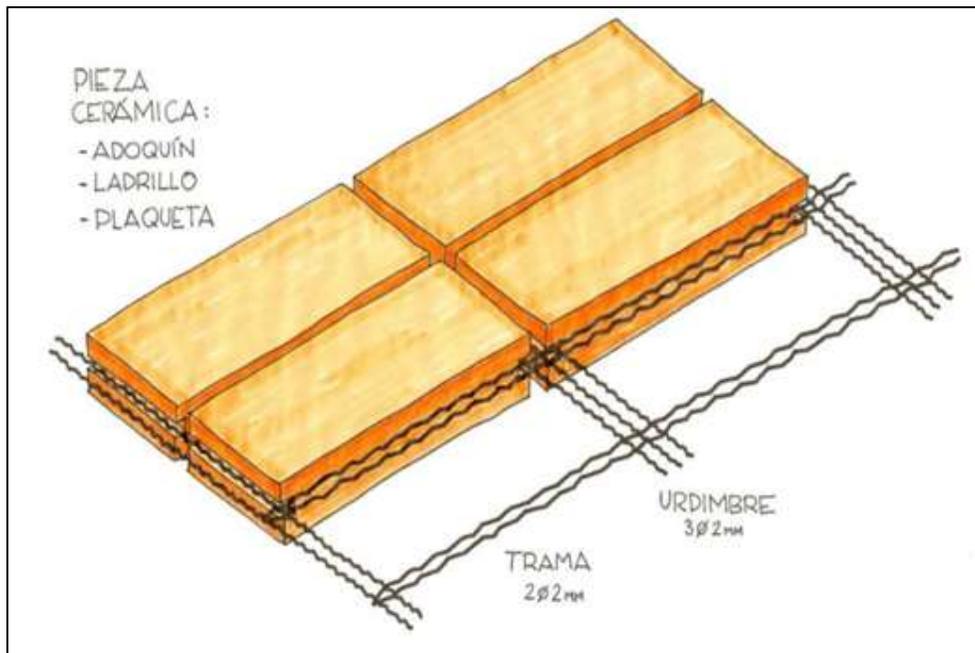
## 1.1. JUSTIFICACION

A nivel mundial el uso de fachadas colgantes usadas en la construcción de diferentes edificaciones, han logrado grandes avances en aspectos como la reducción de tiempo de acabado de la obra.

Al tratarse de cubiertas ligeras, dado que son laminares (con directriz catenaria que optimiza su espesor hasta 7 cm) y por ser cerámicas (con los mismos espesores el peso de la cerámica es de un 25% a un 35% más ligero que el del hormigón); esto supone un ahorro en la construcción de la estructura que las soportan. Asociar el punto anterior con el bajo precio de la cerámica en el mercado conduce a una relación precio/peso muy competitiva respecto a otras tipologías de cubierta.

**Figura 1.3**

### **Fabricación de Tejido Cerámico**



(Flexbrick, 2016)

El presente proyecto, pretende investigar el tipo de arcilla que se necesita para la elaboración de baldosas cerámicas que son utilizadas para la pre fabricación de fachadas colgantes, el

modelo de la pieza a utilizar, el acero inoxidable utilizado para realizar el tejido, la aplicación en obra y los precios unitarios que involucran todo el proceso; para determinar la viabilidad de introducir este tipo de tecnología en las construcciones de nuestro medio.

Diversos estudios en Latinoamérica han comprobado que el uso de baldosas cerámicas en fachadas proporciona mayor integridad y durabilidad en las mismas, dado que sus posibilidades estéticas por la modularidad su tratamiento superficial que deriva en diferentes acabados como brillo, mate, relieve, etc. Así como su posibilidad en cuanto a color; soporte gráfico. Además de sus posibilidades de aplacado o anclajes mecánicos.

**Figura 1.4**  
**Baldosa Cerámica**



((ITC-AICE), 1993)

Hay que destacar también los importantes avances tecnológicos en materiales en otros países piezas especiales; sistemas de instalación (adhesivos cementosos con aditivos específicos para mejorar la deformabilidad, adherencia, y resistencia a agentes externos); el paralelo desarrollo de sistemas de instalación de fachadas ligeras, con anclajes vistos y ocultos, y el desarrollo de la formación y progresiva especialización de los profesionales colocadores. Ambas cosas proporcionan elevadas garantías de adecuación y amplían las posibilidades estéticas y técnicas en el diseño de recubrimientos de fachadas.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La excesiva dependencia de la mano de obra que tiene la construcción con ladrillos, se debe contar con una propuesta de prefabricación que compatibilice con las tendencias de nuestros países; una construcción más rápida, un mayor grado de control de la calidad y mejoras en la seguridad laboral.

El avance tecnológico que se tiene en la industria de la construcción, de manera continua proporciona constantemente nuevos elementos para la elaboración de diferentes edificaciones por lo que el no realizar investigaciones para modernizar las construcciones en nuestro departamento es una de las principales problemáticas que se tiene y pretender atender en el presente proyecto.

**Figura 1.5**

**Envolvente o Segunda Piel**



(Centro Acuático Nacional en Pekín. PTW Architects, 2008)

Con la llegada de la arquitectura contemporánea se produce un cambio de paradigma en cuanto la fachada deja de ser un elemento pesado y estructural de un edificio, para transformarse en una envolvente, piel o membrana, capaz de proteger su interior, actuar

como filtro del sol o el viento, mejorar las condiciones térmicas interiores, ser vegetal e incluso, ser móvil y tecnológica.

Hoy la transformación de la arquitectura además de estar vinculada a un aspecto cultural, se relaciona intrínsecamente con el avance de la tecnología y nuevos materiales. De esta manera como arquitectos es importante mantenerse informados en cuanto a la serie de posibles soluciones a la hora de proyectar. La piel es filtro, transparencia, protección, privacidad, movimiento, cortina, amortiguador y bienestar interior.

### **1.3. PROBLEMÁTICA**

- **PROBLEMA CIENTIFICA**

El avance tecnológico ha permitido, que se den muchos estudios de cómo se puede utilizar los diferentes materiales, como materia prima para obtener diversas opciones de una gran gama de resistencias, sin embargo, esta tecnología liviana no se ha podido utilizar como un complemento estructural o estético, debido a su baja resistencia a la compresión.

La resistencia del mismo depende de cómo se trabaje el conjunto de materiales, y se sabe que las piezas cerámicas, posee una capacidad acústica considerable lo cual ha llevado a utilizar este tipo de material junto con un tejido de alambre inoxidable, o a lo más para paneles divisorios, perdiendo claramente las ventajas que puede entregar si se realiza un pequeño tratamiento previo a su utilización.

**Figura 1.6**

#### **Fachada con Ladrillo Tradicional**



Las fachadas que en la ciudad se construyen con ladrillo tradicional se utilizan desde hace décadas dado que no se han introducido en el medio nuevas estructuras de construcción, que brinden más opciones para que al momento de construir una casa o edificio sean tomadas en cuenta.

- **PROBLEMÁTICA AMBIENTAL**

Según datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), el 49% de los hogares a nivel mundial, dispone de algún tipo de sistema de **aire acondicionado**. Como es lógico, en la zona Atlántica su uso apenas alcanza al 1% de las casas, pero en la zona mediterránea cuentan con un aparato de este tipo el 67% de las viviendas. Y las cifras no dejan de subir.

**Figura 1.7**

**Sobrecalentamiento por Aire Acondicionado**



La adopción del aire acondicionado está ligada a dos factores: el calor que hace en la zona y los ingresos de que se disponen. En las regiones calurosas de renta alta el uso de sistemas de refrigeración **es cercano al 100%**, sin embargo, en los países en desarrollo su implantación sigue siendo residual. El problema es que, como cada vez apuntan más expertos, el crecimiento del nivel de vida de países como China, México o la India está provocando un

aumento desorbitado de la demanda de estos aparatos, lo que conlleva a su vez un incremento de la energía consumida difícil de soportar.

Se observa un gran aumento del consumo de electricidad en los días calurosos, que no se ve compensado por el ahorro en los días fríos. Los resultados también revelan la extraordinaria velocidad con que la adopción de aire acondicionado aumenta con la renta. Bajo suposiciones modestas del aumento de los ingresos, nuestro modelo predice la saturación casi universal del aire acondicionado en todas las zonas cálidas dentro de unas pocas décadas.

- **PROBLEMÁTICA ECONÓMICA**

Aproximadamente el 30% del presupuesto que se establece para la construcción está destinado a la mano de obra para su elaboración, con lo que se constituye en un problema que al ser estudiado y planteando alternativas ayudaría de gran manera a reducir costos en general.

El tiempo que se demora desde el inicio hasta el fin de la obra depende mucho de las tecnologías que se utilizan para minimizar dichos tiempos e incrementar las obras construidas, el construir fachadas con ladrillos tradicionales impide que se maximicen tiempos de trabajo por parte de los obreros además de no utilizar tecnologías que están teniendo un gran éxito en países como México, España entre otros; y poder disminuir los costos de construcción.

**Figura 1.8**

**Utilización de Nuevas Tecnología en la Industria de la Construcción**



Al utilizar nuevas tecnologías para construir las edificaciones del medio ayudaría a disminuir el personal que se necesita para cada construcción, ya que se sustituirían los muros tradicionales por fachadas colgantes que reemplazarían los materiales usados tradicionalmente por nueva tecnología dirigida a mejorar la industria de la construcción en la ciudad de Tarija.

- **PROBLEMÁTICA ESTETICA**

Uno de los principales problemas que surgieron desde el inicio del uso del material cerámico es la mejora constante no solo para cumplir funciones de construcción sino, para que dicho material cerámico sea innovado de manera constante para presentar a los diferentes clientes nuevos modelos para su utilización.

Las fachadas colgantes vienen a sustituir los muros tradicionales pudiendo suplir el problema estético de no poder contar con varios diseños y modelos para los muros que se construyen en la industria, el tejido cerámico ofrece con sólo dos materiales un importante abanico de variables geométricas: distancia entre juntas longitudinales y entre las transversales, ancho de ambas juntas, espesor de lámina, ancho de lámina y longitud de lámina.

**Figura 1.9**

**Fachada Colgante como Sustituto de Muros Tradicionales**



(Centro Acuático Nacional en Pekín. PTW Architects, 2008)

Con las fachadas colgantes se pueden crear estampados combinando múltiples configuraciones de gamas cromáticas, construir curvaturas y obtener alineaciones precisas. Con el nuevo sistema, los materiales cerámicos amplían sus usos hacia nuevos mercados potenciales en arquitectura y obra civil.

#### **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

##### **Objetivo general**

- Analizar la elaboración y aplicación de fachadas colgantes de piezas eco cerámicas, para su utilización en muros para las construcciones en la ciudad de Tarija.

##### **Objetivos específicos**

- Analizar los diferentes tipos de arcilla y determinar la mezcla óptima para la fabricación de piezas eco cerámicas.
- Realizar la fabricación de piezas eco cerámicas con un patrón establecido para la construcción.
- Aplicar las piezas eco cerámicas con tejido de alambre galvanizado en la elaboración de fachadas colgantes.
- Determinar los diferentes modelos de piezas para una diferente percepción visual que se puede utilizar con piezas eco cerámicas.

#### **1.5. HIPÓTESIS**

Realizando el análisis para la elaboración y aplicación de fachadas colgantes de piezas eco cerámicas para su utilización en muros de las construcciones en la ciudad de Tarija, se contaría con un estudio donde se determinaría su viabilidad de la aplicación de dicha tecnología en nuestra ciudad.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

## MARCO TEORICO

### 2.1 Clasificación de las arcillas

Cabe distinguir dos tipos de materias primas: las usadas en la cerámica tradicional y las utilizadas en la cerámica avanzada o de alta tecnología. En este trabajo nos referiremos a las materias primas del primer tipo, sustancias naturales que rara vez son puras, aunque hayan pasado por el tratamiento del lavado o enriquecimiento. Según su comportamiento frente al agua, tradicionalmente se han dividido en: materiales grasos o plásticos y materiales

desgrasantes o no plásticos.

Las materias plásticas son esencialmente arcillas y caolines, y en menor proporción algunas otras de naturaleza parecida, que contienen minerales arcillosos en cantidades sustanciales, tales como la arcilla compacta, la pizarra arcillosa, margas y loess.

**Figura 2.1**

**Tipos de Arcilla**



(Calderón, 1998)

Según su origen pueden ser:

\* Naturales: arcilla, caolín, cuarzo, feldespato, nefelina sienita, wollastonita, caliza, talco, etc.

- Sintéticas: corindón, carburo de silicio, wollastonita sintética, óxidos colorantes, dióxido de circonio, etc.

También podrían clasificarse según su refractariedad o uso, como ocurre con las utilizadas en la elaboración de esmaltes, que, desde un punto de vista práctico, se agrupan en:

- Refractarios: arcilla, caolín y cuarzo
- Fundentes: bórax, carbonato sódico, minio, etc.
- Colorantes: óxidos metálicos, como el de cobre, hierro, cobalto, níquel, etc., o pigmentos cerámicos.
- Pacificantes: SnO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, CaO, ZrO<sub>2</sub> y otros

## 2.2. Propiedades de las Arcillas

Las importantes aplicaciones industriales de este grupo de minerales radican en sus propiedades fisicoquímicas.

Dichas propiedades derivan, principalmente, de:

- Su extremadamente pequeño tamaño de partícula (inferior a 2  $\mu$  m).
- Su morfología laminar (filosilicatos).
- Las sustituciones isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar.

**Figura 2.2**

### Propiedades según el Tipo de Arcilla



(RIFFO, 1978)

Como consecuencia de estos factores, presentan, por una parte, un valor elevado del área superficial y, a la vez, la presencia de una gran cantidad de superficie activa, con enlaces no saturados. Por ello pueden interaccionar con muy diversas sustancias, en especial compuestos polares, por lo que tienen comportamiento plástico en mezclas arcilla-agua con elevada proporción sólido/líquido y son capaces en algunos casos de hinchar, con el desarrollo de propiedades reológicas en suspensiones acuosas.

Por otra parte, la existencia de carga en las láminas se compensa, con la entrada en el espacio interlamilar de cationes débilmente ligados y con estado variable de hidratación, que pueden ser intercambiados fácilmente mediante la puesta en contacto de la arcilla con una solución saturada en otros cationes, a esta propiedad se la conoce como capacidad de intercambio catiónico y es también la base de multitud de aplicaciones industriales.

## 2.2.1. Propiedades Fisicoquímicas

### a) Superficie Específica

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en  $\frac{m^2}{g} m^2/g$ . Las arcillas poseen una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad.

**Figura 2.2**

### Superficie Específica de las Arcillas



(SOTO, 2004)

A continuación se muestran algunos ejemplos de superficies específicas de arcillas:

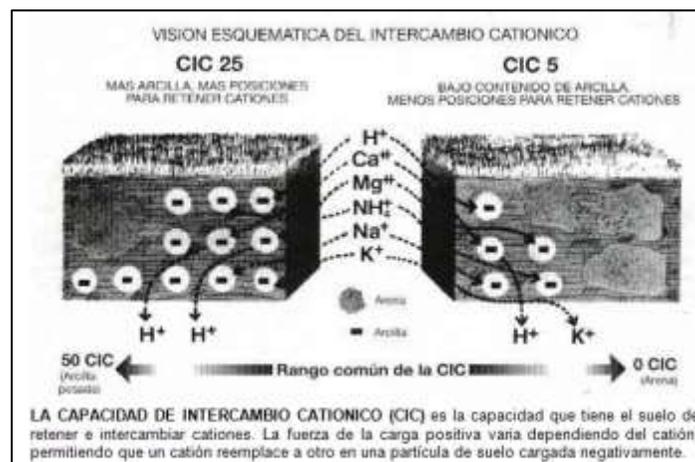
- Caolinita de elevada cristalinidad hasta  $15 \text{ m}^2 / \text{g}$
- Caolinita de baja cristalinidad hasta  $50 \text{ m}^2 / \text{g}$
- Halloisita hasta  $60 \text{ m}^2 / \text{g}$
- Illita hasta  $50 \text{ m}^2 / \text{g}$
- Montmorillonita  $80\text{-}300 \text{ m}^2 / \text{g}$
- Sepiolita  $100\text{-}240 \text{ m}^2 / \text{g}$
- Paligorskita  $100\text{-}200 \text{ m}^2 / \text{g}$

### b) Capacidad de Intercambio Catiónico

Es una propiedad fundamental de las esmectitas, son capaces de cambiar, fácilmente, los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras, por otros existentes en las soluciones acuosas envolventes. La capacidad de intercambio catiónico (CEC) se puede definir como la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH.

Figura 2.3

#### Capacidad de Intercambio Catiónico en las Arcillas



(SOTO, 2004)

Es equivalente a la medida del total de cargas negativas del mineral. Estas cargas negativas pueden ser generadas de tres formas diferentes:

- Sustituciones isomórficas dentro de la estructura.
- Enlaces insaturados en los bordes y superficies externas.
- Disociación de los grupos hidroxilos accesibles.

El primer tipo es conocido como carga permanente y supone un 80 % de la carga neta de la partícula además es independiente de las condiciones de pH y actividad iónica del medio. Los dos últimos tipos de origen varían en función del pH y de la actividad iónica; corresponden a bordes cristalinos, químicamente activos y representan el 20 % de la carga total de la lámina.

A continuación se muestran algunos ejemplos de capacidad de intercambio catiónico (en meq/100 g):

- Caolinita: 3-5
- Halloisita: 10-40
- Illita: 10-50
- Clorita: 10-50
- Vermiculita: 100-200
- Montmorillonita: 80-200
- Sepiolita-paligorskita: 20-35
- 

### **c) Capacidad de Absorción**

Algunas arcillas encuentran su principal campo de aplicación en el sector de los absorbentes ya que pueden absorber agua u otras moléculas en el espacio interlaminar (esmectitas) o en los canales estructurales (sepiolita y paligorskita).

**Figura 2.4**

**Ensayo de Capacidad de Absorción en las Arcillas**



(CALLEJAS, 1969)

La capacidad de absorción está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan de forma aislada:

- Absorción (cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad).
- Adsorción (cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato).

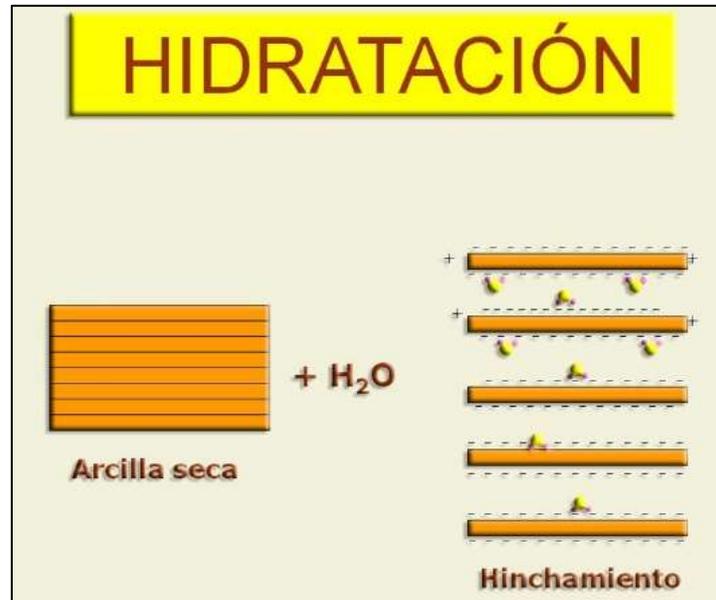
La capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100% con respecto al peso.

**d) Hidratación e Hinchamiento**

La hidratación y deshidratación del espacio interlamilar son propiedades características de las esmectitas, y cuya importancia es crucial en los diferentes usos industriales. Aunque hidratación y deshidratación ocurren con independencia del tipo de catión de cambio

presente, el grado de hidratación sí está ligado a la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina.

**Figura 2.5**  
**Hidratación e Hinchamiento en las Arcillas**



(GONZALEZ, 2003)

La absorción de agua en el espacio interlaminar tiene como consecuencia la separación de las láminas dando lugar al hinchamiento. Este proceso depende del balance entre la atracción electrostática catión-lámina y la energía de hidratación del catión. A medida que se intercalan capas de agua y la separación entre las láminas aumenta, las fuerzas que predominan son de repulsión electrostática entre láminas, lo que contribuye a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a disociar completamente unas láminas de otras.

Cuando el catión interlaminar es el sodio, las esmectitas tienen una gran capacidad de hinchamiento, pudiendo llegar a producirse la completa disociación de cristales individuales de esmectita, teniendo como resultado un alto grado de dispersión y un máximo desarrollo de propiedades coloidales.

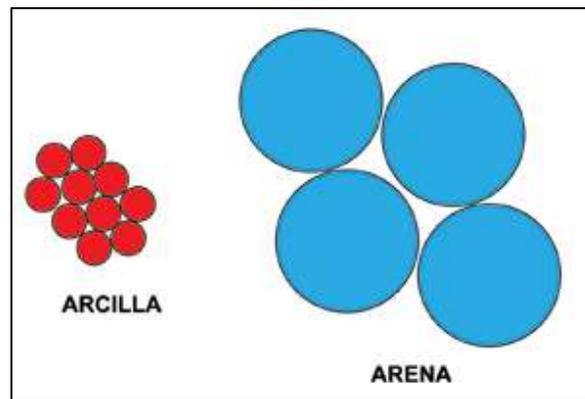
Si por el contrario, tienen Ca o Mg como cationes de cambio su capacidad de hinchamiento será mucho más reducida.

### e) Tamaño de la Partícula

La estructura laminar y el tamaño inferior a las dos micras de los granos de los minerales arcillosos tienen gran influencia en la plasticidad ya que se produce un fenómeno físico de retención de agua con aumento de volumen que actúa como lubricante haciendo resbalar las partículas entre sí. Este aumento de volumen puede llegar a ser del 200 %.

**Figura 2.6**

#### **Tamaño de la Partícula**



(GONZALEZ, 2003)

Debido a su gran finura, las arcillas se pueden mantener en suspensión en el agua un cierto tiempo aun estando está en reposo (Fluidificación). Posteriormente se depositan en estratos del mismo modo en que se formó la roca original.

### f) Tixotropía

La tixotropía se define como el fenómeno consistente en la pérdida de resistencia de un coloide, al amasarlo, y su posterior recuperación con el tiempo. Las arcillas tixotrópicas cuando son amasadas se convierten en un verdadero líquido. Si, a continuación, se las deja en reposo recuperan la cohesión, así como el comportamiento sólido. Para que una arcilla tixotrópica muestre este especial comportamiento deberá poseer un contenido en agua

próximo a su límite líquido. Por el contrario, en torno a su límite plástico no existe posibilidad de comportamiento tixotrópico.

**Figura 2.7**

**Tixotropía de la Arcilla**



(GONZALEZ, 2003)

**g) Plasticidad**

La característica física más significativa de las arcillas es la plasticidad, que es la capacidad de deformarse ante un esfuerzo mecánico conservando la deformación al retirarse la carga. En las arcillas depende fundamentalmente del contenido de agua, si está seca no es plástica, se disgrega, y con exceso de agua se separan las láminas. Depende también del tamaño de partícula y de la estructura laminar.

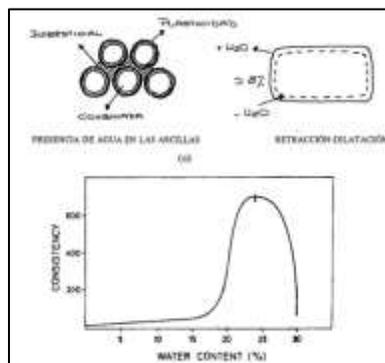
Cuando esta convenientemente humedecida puede adoptar cualquier forma. Esta propiedad se debe a que el agua forma una “envoltura” sobre las partículas laminares, produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas.

La elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeño (elevada área superficial) y alta capacidad de hinchamiento. En general, cuanto más pequeñas son las partículas y más imperfecta su estructura, más plástico es el material.

El agua se presenta en las arcillas en tres formas: Hidratación química combinada, plasticidad, rodeando las partículas minerales o intersticiales, relleno de los huecos entre los granos.

**Figura 2.8**

**Plasticidad en las Arcillas**



(GONZALEZ, 2003)

Las arcillas de acuerdo al grado de plasticidad se clasifican en magras y grasas. Las arcillas grasas son las que poseen una gran plasticidad, incluso para pequeñas humedades. Presentan en su constitución una gran concentración de minerales arcillosos y una baja concentración en arenas silíceas. Se moldean con facilidad, pero su gran adherencia impide el desmoldeo correcto del producto moldeado. Por su parte, las arcillas magras son las que poseen una baja plasticidad.

Esta plasticidad se puede aumentar con hidróxido, carbonato o silicato sódico, con cal, oxalato y humus. La misma se puede reducir con la utilización de desgrasantes. En la industria normalmente se ensayan distintas proporciones de agua hasta que con la aplicación

de una energía determinada, que es una constante de la máquina utilizada, se consigue el efecto deseado: la extrusión, el prensado, etc.

Este concepto está íntimamente unido al de "trabajabilidad". Una pasta presenta comportamiento plástico, desde que puede considerarse deformable con el procedimiento utilizado hasta que presenta una resistencia a la compresión inferior a 0.03 2 Kgf/cm, momento en el que se considera que adquiere las propiedades de un líquido viscoso. Esta resistencia a la compresión coincide con la que presentan las pastas elaboradas con la cantidad de agua correspondiente al límite líquido de Atterberg.

En principio, un aumento de plasticidad de una pasta produce:

- Una mayor ductibilidad de los productos moldeados.
- Una retención mayor de agua que se traduce en una mayor contracción de secado y un aumento de la posibilidad de formación de grietas.
- Una disminución de la velocidad de formación de pared en el caso de moldeo por colado.

### **2.2.2. Influencia de la composición y de la granulometría en el moldeo en plástico**

En primer lugar se va a estudiar el efecto de la influencia, de varios desgrasantes sobre los límites Atterberg de una arcilla de comportamiento conocido, es bien conocido que la plasticidad de las pastas disminuye con el aumento de la cantidad de desgrasante, para ver el efecto de los desgrasantes se han estudiado la adición de una arena de sílice de varias distribuciones granulométricas y el efecto de la adición de la misma arcilla calcinada.

**Figura 2.9**

**Distribuciones granulométricas de arenas silíceas**

Luz de malla ( $\mu\text{m}$ )	Arena n° 1 (%)	Arena n° 2 (%)
500	5,2	0
250	17,4	2,5
150	23,2	1,9
90	18,7	37,7
75	7,7	14,5
<75	26,9	42,9

(GONZALEZ, 2003)

A partir de las mezclas arcilla-arena se realizó una determinación de los límites de Atterberg, observándose que la arena n°2 de granulometría mucho más fina tiene un poder desgrasante menor que la arena n° 1.

Al introducir un nuevo desgrasante como una ceniza volante o una arcilla chamotada el efecto sobre la plasticidad es diferente, aunque las arenas suelen ser los desgrasantes más enérgicos.

En el caso de la introducción de aditivos electrolíticos se ha constatado lo siguiente:

- Los defloculantes, disminuyen el límite líquido.
- Los floculantes lo aumentan.
- El límite plástico se mantiene prácticamente constante al introducirse defloculantes o floculantes.

- Los defloculantes pueden utilizarse para disminuir la proporción agua/arcilla y por lo tanto disminuir la contracción de secado.

### **2.3. Yacimientos de Arcillas Plásticas**

Las arcillas son productos de meteorización de las rocas ígneas. Los sedimentos arcillosos se caracterizan por una elevada concentración de partículas inferiores a 4  $\mu\text{m}$ , entre las cuales predominan los minerales arcillosos. Los datos estratigráficos y geoquímicos indican que los sedimentos arcillosos constituyen el mayor volumen de la litosfera sedimentaria. De especial valor para la industria cerámica son los sedimentos de la serie arcilla caolinítica-limo-arena, de color blanco, con un contenido en sustancia plástica suficiente para que el yacimiento sea explotable.

**Figura 2.10**

**Yacimiento de Arcilla Plástica**



(-Nch., 2001)

Es lo que habitualmente se denomina caolín sedimentario. Sin embargo, los minerales arcillosos aparecen también a menudo en rocas residuales, originadas por descomposición química de rocas silicatadas y no sometidas a transporte. Las más importantes materias primas de este tipo son los caolines residuales y las lateritas. Algunos yacimientos de caolín residual son de origen hidrotermal. De los minerales primarios y secundarios que se encuentran en las arcillas, en su estado natural, así como de los procesos de caolinitización y de los aspectos estructurales de la caolinita y la montmorillonita, determinantes de su comportamiento reológico, ya nos ocupamos en nuestro anterior artículo.

### **2.2.1. Variedad de Arcillas**

Las arcillas presentan una gran diversidad de composición y propiedades, lo que hace difícil una clasificación exacta y detallada. La mayor parte de ellas son sedimentarias. En el proceso natural de erosión, transporte y deposición han mejorado mucho en plasticidad y resistencia en crudo; sin embargo, se han impurificado con óxidos de hierro y de titanio. Las arcillas sedimentarias constan generalmente de caolinita desordenada y uno o varios de los otros minerales de la arcilla, tales como haloisita, illita, montmorillonita, etc.

**Figura 2.11**

**Variedades de Arcilla**



(RIFFO, Estudio Geológico Económico de Yacimientos, 1978)

Según Seger, pueden distinguirse cuatro grupos de materias primas arcillosas, sobre la base de la composición química y el uso industrial:

a) Arcillas con alto contenido de alúmina y casi exentas de hierro, con una proporción excepcionalmente elevada en caolinita. Se usan en la industria cerámica, particularmente en cerámica fina, como la fabricación de porcelanas, de sanitario y de cerámica técnica, por ejemplo, azulejos ligeramente coloreados, aisladores eléctricos, cacetes, soleras en la producción de vidrio, crisoles para fusión, productos refractarios y antiácidos, etc.

b) Arcillas con mucha alúmina y poco hierro, todavía ricas en caolinita, utilizables en la industria cerámica semivahosa, en la elaboración de chamota, artículos porosos y gres. c)

Arcillas con bajo contenido en  $Al_2O_3$  y una elevada proporción de compuestos de hierro. Se usan para azulejos de color oscuro y platos, en producción de ladrillos, alfarería que cuece en rojo y para aisladores, de arcillas pobres en  $Al_2O_3$  y una gran proporción de compuestos de hierro y carbonato cálcico. Este grupo comprende la mayor parte de arcillas ladrilleras ordinarias, arcillas limoníticas margosas y margas, de uso en la industria pesada de la arcilla.

### **2.2.2. Arcillas Caoliniticas y Similares**

En las pastas cerámicas tradicionales, la arcilla es indudablemente la materia prima predominante que aporta la plasticidad y la trabajabilidad requeridas para formar y modelar el objeto cerámico. Junto a los minerales arcillosos, causantes de las propiedades características, las arcillas contienen cuarzo, mica y materia carbonosa.

**Figura 2.12**  
**Arcilla Caolínicas**



(RIFFO, Estudio Geológico Económico de Yacimientos, 1978)

Para las arcillas usadas en pastas blancas es esencial que sean blancas en la cocción. «Arcilla plástica» es un término usado para describir arcillas sedimentarias caoliniticas, de gran fino, muy plásticas, que constan de una mezcla de caolinita desordenada, cuarzo y minerales micáceos, particularmente usadas en la industria cerámica.

Pueden acompañarles impurezas molestas como pirita, marcasita, yeso y siderita. El principal tipo de arcilla plástica, usado en pastas blancas, es la «ball-clay», término originario de Inglaterra. Las ball-clays se caracterizan por su gran contenido en caolinita (sobre el 70), generalmente poco ordenada, por una considerable presencia de illita y una pequeña cantidad de motmorillonita, y por la presencia de materia orgánica y diversas proporciones de cuarzo clástico y moscovita. Son sumamente plásticas y aportan gran resistencia en seco, un amplio intervalo de vitrificación y un color tenue, casi blanco, cuando se cuecen.

## 2.4. Baldosas Cerámicas

Según las normas EN-UNE y las recientes normas ISO, las baldosas cerámicas son placas de poco grosor, generalmente utilizadas para revestimiento de arcillas y paredes, fabricadas a partir de composiciones de arcillas y otras materias primas inorgánicas, que se someten a molienda y/o amasado, se moldean y seguidamente son secadas y cocidas a temperatura suficiente para que adquieran establemente las propiedades requeridas.

**Figura 2.13**

**Baldosas Cerámicas**



((ASCER), (2002)

Las arcillas utilizadas en la composición del soporte pueden ser de cocción roja o bien de cocción blanca.

Son piezas cerámicas impermeables que están constituidas por un soporte cerámico, de naturaleza arcillosa, con o sin recubrimiento esencialmente vítreo: El esmalte cerámico. Son incombustibles e inalterables a la luz.

- Las baldosas cerámicas pueden ser no esmaltadas (UGL) o esmaltadas (GL).
- Las baldosas no esmaltadas se someten a una cocción única; las baldosas esmaltadas reciben una cubierta vitrificable entre una primera y una segunda cocción (bicocción) o antes de la única cocción (monococción).

### 2.4.1. Proceso de fabricación de baldosas cerámicas

Los procesos de fabricación son similares a los vistos en productos porosos, extrusión, prensado y colada, pero altamente mecanizados, la principal diferencia estriba en el vidriado para el que se someten las piezas a doble cocción.

**Figura 2.14**

**Pieza de Baldosa Cerámica recién Moldeada**



((ASCER), (2002)

El proceso de fabricación de baldosas cerámicas se desarrolla en una serie de etapas sucesivas, que pueden resumirse del modo siguiente:

- Preparación de las materias primas
- Conformación y secado en crudo de la pieza
- Cocción o cocciones, con o sin esmaltado
- Tratamientos adicionales
- Clasificación y embalaje

Dependiendo de que el producto a fabricar sea esmaltado o no, de que éste se fabrique por un procedimiento de monococción, bicocción o tercer fuego, en un determinado proceso se realizará o no el esmaltado, o se modificará la secuencia de las etapas de esmaltado y de cocción en la forma adecuada.

### **2.4.2. Preparación de las materias primas**

El proceso cerámico comienza con la selección de las materias primas que deben formar parte de la composición de la pasta, que son fundamentalmente arcillas, feldespatos, arenas, carbonatos y caolines.

En la industria cerámica tradicional las materias primas se suelen utilizar, por lo general, tal y como se extraen de la mina o cantera, o después de someterlas a un mínimo tratamiento. Su procedencia natural exige, en la mayoría de los casos, una homogeneización previa que asegure la continuidad de sus características.

**Figura 2.15**

#### **Preparación de la Arcilla como Materia Prima**



Elaboración Propia

En general, la preparación de pastas cerámicas para su uso en el proceso de obtención de baldosas cerámicas, consiste en el mezclado de materias primas en proporciones controladas mediante la dosificación por pesada, la molienda en vía húmeda mediante molinos de bolas y el secado en los atomizadores hasta la obtención del polvo a una humedad conveniente para la operación de prensado.

Existen dos tipos de pasta, que tienen distinta preparación.

- Pasta blanca: Se utiliza en vidriados transparentes ya que permiten mejor definición de la decoración. Son más permeables al agua y de menor resistencia mecánica. Se componen de cuarzo, feldespato, caliza, caolín y otras arcillas no férricas. Primero se muelen las materias duras y luego se diluyen en agua las blandas (caolín y arcillas), para posteriormente mezclas ambas, tenerlas en suspensión y tamizarlas para eliminar gruesos. Luego se proceden al atomizado o pulverización en gotas por corriente de aire caliente, formándose unas esferas que finalmente se prensan.
- Pasta arcillosa: Se utiliza en piezas de vidriado opaco dando mayor resistencia mecánica. Se realiza con arcillas margosas muy ricas en Fe y  $\text{CO}_3\text{Ca}$ . Se procede al desecado por debajo del 5 % de agua, luego se trituran en molinos junto con chamota (desechos de piezas cocidas) y finalmente se humidifican de nuevo antes del prensado.

#### **2.4.2.1. Molturación por vía seca o por vía húmeda**

Una vez realizada la primera mezcla de los distintos componentes de la pasta cerámica, ésta se somete por lo general a un proceso de molturación, que puede ser vía seca (molinos de martillos o pendulares) o vía húmeda (molinos de bolas continuos o discontinuos).

**Figura 2.16**

##### **Molino para Molturación por vía Seca**



Cerámica Incerpaz, Regional Tarija

El material resultante de la molturación presenta unas características distintas si aquella se efectúa por vía seca o por vía húmeda. En el primer caso se produce una fragmentación, manteniéndose tanto los agregados como los aglomerados de partículas, siendo el tamaño de partículas resultante (existen partículas mayores de 300 micras) superior al obtenido por vía húmeda (todas las partículas son menores de 200 micras). Al elegir el tipo de molturación a emplear, un factor decisivo lo constituye el coste de la inversión a realizar en cada caso.

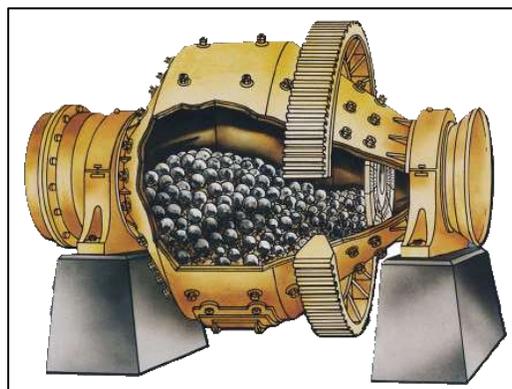
#### **2.4.2.2. Molturación por vía húmeda y secado de la composición por atomización**

El procedimiento que se ha impuesto totalmente en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos por monococción, como consecuencia de las importantes mejoras técnicas que supone, es el de vía húmeda y posterior secado de la suspensión resultante por atomización.

En el procedimiento de vía húmeda, las materias primas pueden introducirse total o parcialmente en el molino de bolas, que es lo habitual, o desleírse directamente. A la suspensión resultante (barbotina) se le elimina una parte del agua que contiene hasta alcanzar el contenido en humedad necesario para cada proceso. El método más utilizado en la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos es el secado por atomización.

**Figura 2.17**

#### **Molino de Bolas para la Molturación por Vía Húmeda**



((CTL), 2012)

El proceso de atomización es un proceso de secado, por el cual una suspensión pulverizada en finas gotas, entra en contacto con aire caliente para producir un producto sólido de bajo contenido en agua. El proceso de secado por atomización comprende las siguientes operaciones:

- Bombeo y pulverización de la suspensión.
- Generación y alimentación de los gases calientes.
- Secado por contacto gas caliente-gota suspensión.
- Separación del polvo atomizado de los gases.

Los atomizadores operan siguiendo la siguiente secuencia: la barbotina procedente de las balsas de almacenamiento de las plantas de molienda, con un contenido en sólidos entre el 60 y el 70 % y con una viscosidad adecuada (alrededor de 1000 cp.), es bombeada por medio de bombas de pistón al sistema de pulverización de la barbotina. La barbotina finamente nebulizada y dividida, se seca poniéndola en contacto con una corriente de gases calientes. Estos gases provienen de un quemador convencional aire-gas natural o son los gases de escape de una turbina de cogeneración. El granulado, con una humedad entre el 5.5 y el 7%, es descargado en una cinta transportadora y llevado a los silos para su posterior prensado. La corriente de gases utilizada para secar la barbotina y obtener el polvo atomizado es eliminada por la parte superior del atomizador conteniendo un elevado grado de humedad y partículas de polvo muy finas en suspensión.

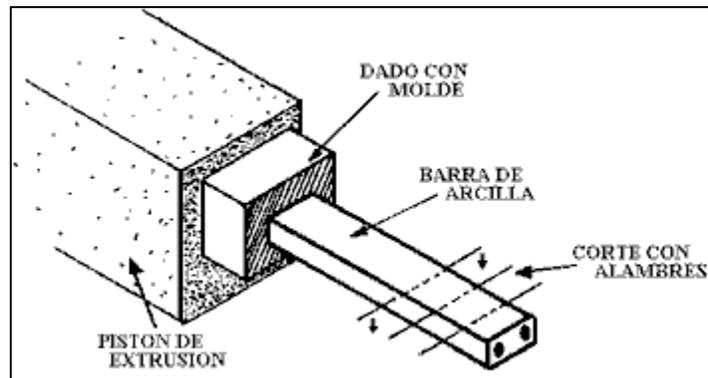
### **2.4.3. Conformación de las piezas.**

- **Prensado en seco**

El procedimiento predominante de conformación de las piezas es el prensado en seco (5-7% de humedad), mediante el uso de prensas hidráulicas. Este procedimiento de formación de pieza opera por acción de una compresión mecánica de la pasta en el molde y representa uno de los procedimientos más económicos de la fabricación de productos cerámicos de geometría regular.

**Figura 2.18**

**Prensado de Piezas Cerámicas en Seco**



((ITC), 2007)

El sistema de prensado se basa en prensas oleodinámicas que realizan el movimiento del pistón contra la matriz por medio de la compresión de aceite y presentan una serie de características como son: elevada fuerza de compactación, alta productividad, facilidad de regulación y constancia en el tiempo del ciclo de prensado establecido. Las prensas se han desarrollado mucho en los últimos años y son equipos con automatismos muy sofisticados fácilmente regulables y muy versátiles.

- **Extrusión**

Básicamente el procedimiento de con formación de pieza por extrusión consiste en hacer pasar una columna de pasta, en estado plástico, a través de una matriz que forma una pieza de sección constante. Los equipos que se utilizan constan de tres partes principales: el sistema propulsor, la matriz y la cortadora. El sistema propulsor más habitual es el sistema de hélice.

**Figura 2.19**

**Extrusión de las Piezas de Ladrillo Común**



((ITC), 2007)

- **Secado de piezas conformadas.**

La pieza cerámica una vez conformada se somete a una etapa de secado, con el fin de reducir el contenido en humedad de las piezas tras su conformado hasta niveles lo suficientemente bajos (0,2-0,5 %), para que las fases de cocción y, en su caso, esmaltado se desarrollen adecuadamente. En los secaderos que normalmente se utilizan en la industria cerámica, el calor se transmite mayoritariamente por convección, desde gases calientes a la superficie de la pieza, participando ligeramente el mecanismo de radiación desde dichos gases y desde las paredes del secadero a dicha superficie. Por lo tanto, durante el secado de piezas cerámicas, tiene lugar simultánea y consecutivamente un desplazamiento de agua a través del sólido húmedo y a través del gas. El aire que se utiliza debe ser lo suficientemente seco y caliente, pues se utiliza, no sólo para eliminar el agua procedente del sólido sino también para suministrar la energía en forma de calor, que necesita esa agua para evaporarse. Actualmente el secado de las piezas se realiza en secaderos verticales u horizontales.

**Figura 2.20**

**Secadero Horizontal para Cerámica**



Cerámica Incerpaz, Regional Tarija

Tras el conformado de las piezas éstas se introducen en el interior del secadero, en donde se ponen en contacto en contracorriente con gases calientes. Estos gases calientes son aportados por un quemador airesgas natural o por gases calientes procedentes de la chimenea de enfriamiento del horno. El principal mecanismo de transmisión de calor entre el aire y las piezas es el de convección.

En los secaderos verticales las piezas se colocan en planos metálicos, formando entre varios planos diferentes unidades denominadas habitualmente “cestones”. El conjunto de cestones se mueve por el interior del secadero verticalmente, entrando el conjunto cestón-pieza en contacto con los gases calientes. Normalmente la temperatura en este tipo de secaderos es inferior a 200°C y los ciclos de secado suelen estar entre los 35 y 50 minutos. La concepción de los secaderos horizontales es del tipo horno monoestrato de rodillos. Las piezas se introducen en diversos planos en el interior del secadero y se mueven horizontalmente en su interior por encima de los rodillos. El aire caliente, que entra en contacto en contracorriente con las piezas, es aportado por quemadores situados en los laterales del horno. La temperatura máxima en este tipo de instalaciones suele ser mayor

que en el caso de los secaderos verticales (alrededor de los 350°C) y los ciclos de secado son menores, entre 15 y 25 minutos. En general los secaderos horizontales tienen un consumo menor que los verticales, debido a la mejor disposición de las piezas dentro del secadero y a la menor masa térmica. La emisión resultante de la operación de secado es una corriente de gases a temperatura del orden de los 110°C y con muy baja concentración de partículas en suspensión arrastradas de la superficie de las piezas por esta corriente.

- **Cocción o cocciones, con o sin esmaltado**

En los productos no esmaltados, tras la etapa de secado se realiza la cocción.

**Figura 2.21**

**Horno Túnel para Cerámica**



(Tunacerámica., 2013)

Asimismo, en el caso de productos esmaltados fabricados por bicocción, tras el secado de las piezas en crudo se realiza la primera cocción.

- **Esmaltado**

El esmaltado consiste en la aplicación por distintos métodos de una o varias capas de vidriado con un espesor comprendido entre 75-500 micras en total, que cubre la superficie de la pieza.

**Figura 2.22**

**Esmaltado para Piezas Cerámicas**



(Tunacerámica., 2013)

Este tratamiento se realiza para conferir al producto cocido una serie de propiedades técnicas y estéticas, tales como: impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial y resistencia química y mecánica. La naturaleza de la capa resultante es esencialmente vítrea, aunque incluye en muchas ocasiones elementos cristalinos en su estructura.

- **Esmaltes y fritas**

El vidriado, al igual que la pasta cerámica, está compuesto por una serie de materias primas inorgánicas. Contiene sílice como componente fundamental (formador de vidrio), así como otros elementos que actúan como fundentes (alcalinos, alcalinotérreos, boro, cinc, etc.), como opacificantes (circonio, titanio, etc.), como colorantes (hierro, cromo, cobalto, manganeso, etc.). Dependiendo del tipo de producto, de su temperatura de cocción, y de los efectos y propiedades a conseguir en el producto acabado, se formula una amplia variedad de esmaltes. En otros procesos cerámicos (porcelana artística, sanitarios) se utilizan en la formulación de vidriados única y exclusivamente materias primas cristalinas, naturales o de síntesis, que aportan los óxidos necesarios. En cambio, en el proceso de pavimentos y revestimientos cerámicos se vienen usando materias primas de naturaleza vítrea (fritas), preparadas a partir de los mismos materiales cristalinos sometidos previamente a un tratamiento térmico de alta temperatura.

- **Cocción de las piezas.**

La cocción de los productos cerámicos es una de las etapas más importantes del proceso de fabricación, ya que de ella dependen gran parte de las características del producto cerámico: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, resistencia a los agentes químicos, facilidad de limpieza, resistencia al fuego, etc.

**Figura 2.23**

**Cocción Industrial de Piezas Esmaltadas**



(Tunacerámica., 2013)

Las variables fundamentales a considerar en la etapa de cocción son, el ciclo térmico, y la atmósfera del horno, que deben adaptarse a cada composición y tecnología de fabricación, dependiendo del producto cerámico que se desee obtener. La operación de cocción consiste en someter a las piezas a un ciclo térmico, durante el cual tienen lugar una serie de reacciones en la pieza que provocan cambios en su microestructura y les confieren las propiedades finales deseadas.

#### **2.4.4. Grupos de baldosas clasificados según la absorción de agua**

La porosidad de las baldosas cerámicas se expresa por el porcentaje de absorción de agua sobre el peso total de la baldosa, medido según un ensayo normalizado. La porosidad guarda una relación próxima con algunas de las restantes características de las baldosas cerámicas.

**Figura 2.24**

#### **Prueba de Absorción de Baldosas Cerámicas**



(Tufiño, 2012)

Tipos: La absorción de agua hasta el 3 % se considera baja (grupo I) y dentro de ella hasta el 0.5 % muy baja (grupo Ia). Entre 3 y 6 %, se considera media-baja (grupo IIa) y entre 6 y 10 % media-alta (grupo IIb).

Por encima del 10 % la absorción se considera alta (grupo III).

- Reconocimiento: Un sistema rápido para conocer de forma aproximada la absorción de agua e identificar así el grupo y el tipo de producto, es observar la velocidad de succión de la baldosas.

Para ello, depositar una gota de agua sobre una cara no esmaltada y limpia, a temperatura ambiente (entre 15° y 25° C), esperar 20 segundos y observar el resultado:

- Si el soporte succiona el agua en menos de 20 segundos, es baldosa porosa, del grupo III
- Si el soporte no succiona totalmente el agua en 20 segundos y queda mancha de humedad después de secar la gota con un trapo, es una baldosa ligeramente porosa, del grupo IIb.
- Si el soporte no succiona el agua en 20 segundos y no queda mancha de humedad después de secar la gota con un trapo, es una baldosa no porosa, de los grupos IIa o

## 2.5. Evolución en los sistemas constructivos de las fachadas

Los estudios que se hacen centrados en las fachadas, en aras a lograr una mayor eficiencia y mejorar la sostenibilidad de la edificación, podemos separarlos en grupos:

1. Combinaciones de distintas capas con diversos materiales. Es decir intercalar un aislamiento u otro, usar un material de cerramiento u otro, dimensionar el tamaño de las cámaras de aire, estudiar distintos espesores de aislamiento, la supresión de puentes térmicos, etc...Mientras en España se usan espesores de aislamiento de 3 a 5 cm. en otros países europeos se están usando 18 o 20 cm. De la misma manera en España se usan materiales cerámicos fundamentalmente y en otros países se imponen las tabiquerías secas. Se prevé que para el año 2020 sea obligatorio en Europa llegar al estándar passivhaus desarrollado en Alemania. Esto supondría reducir los consumos energéticos de las edificaciones un 80%. Habría por tanto que modificar todos los hábitos constructivos en materiales, sistemas, espesores y en general en optimizar los recursos y conocimientos.
2. Las fachadas ventiladas y los distintos materiales y sistemas a emplear. Son una solución comprobada y que si no está más extendido su uso es por no haber alcanzado una equiparación en coste a las soluciones tradicionales
3. La doble piel: generar una envolvente sobre la primera fachada que funcione estéticamente y técnicamente con independencia y autonomía pero complementaria. La doble piel surge a partir de la preocupación ambiental del ahorro energético y motivado por:
  - La minimización de uso de energía durante el uso del edificio.
  - La necesidad práctica de mejorar el ambiente interno.
  - La ambición de mejorar las condiciones acústicas en edificios ubicados en áreas de alto nivel de ruido.

## 2.6. Primeros sistemas de fachadas doble piel.

Según Arons : “Una fachada de doble piel (Double Skin Façade) se compone de dos capas que permiten el movimiento de aire exterior o interior en él. En algunas ocasiones también se hace referencia a las dobles pieles (twin skins)”. Sin embargo, para otros autores, una fachada de doble piel (Double Skin Façade) está constituida necesariamente por superficies transparentes. En general, apenas se hace mención a superficies opacas.

**Figura 2.25**

**Fachadas Doble Piel**



(Martínez, 2012)

Algunos autores atribuyen la primera instancia de doble piel de vidrio al Steiff Factory en Giengen, Alemania (1903). Las prioridades eran maximizar las horas de luz natural mientras que se tenía en cuenta el clima frío y los vientos fuertes de la región. La solución era una estructura de tres niveles, con un nivel de planta baja propuesto para zona de depósito y dos niveles superiores destinados a espacio de trabajo. El edificio fue un éxito y se sumaron dos niveles construidos en 1904 y 1908 con el mismo sistema de doble piel, pero usando estructura de madera en lugar de acero, por razones de presupuesto.

El concepto de un edificio que se puede adaptar a las condiciones climáticas externas no es nueva. En parte viene de la vieja tradición de crear una barrera térmica con una piel de vidrio removible, como por ejemplo el box window y las barandas de vidrio.

El primer sistema moderno norteamericano de doble fachada fue diseñado por los arquitectos Helmut Obata y Kassabaum en 1980 para el Occidental Chemical Centre en las cataratas del Niágara (Canadá). El edificio cuenta con una fachada ventilada mediante un sistema motorizado que permite un flujo de aire ascendente desde la parte inferior de la fachada hasta la superior.

La doble piel de vidrio toma protagonismo en fachadas, estableciendo al medio ambiente como argumento principal. De esta forma, se yuxtapone la preocupación ambiental con la búsqueda del efecto estético de las múltiples capas de vidrio; ensayando las diferentes posibilidades de transparencias y reflejos mediante la combinación de diversos cristales.

En los años 90 se comienzan a difundir las fachadas de doble piel. La preocupación del medio ambiente comienza a intervenir en el diseño arquitectónico tanto a nivel técnico como político, el cual promueve a los “edificios verdes” como una buena imagen para la arquitectura corporativa. De esta manera, nacen normativas para promover el ahorro energético en el campo de la construcción

## **2.7. Tejidos Cerámicos**

El denominado "tejido cerámico", surgido de ensamblar ladrillos u otras piezas cerámicas en mallas trenzadas de acero, ha dado lugar a unas láminas cerámicas flexibles que amplían las posibilidades constructivas y ahorran en tiempos y costes al edificar.

El tejido cerámico es un innovador sistema industrializado basado en un trenzado de alambres de acero que confina una retícula de piezas de arcilla cocida dispuestas en tabla. Con este sistema se consiguen láminas flexibles cerámicas para la construcción de revestimientos (pavimentos, fachadas, cubiertas) y de estructuras laminares (bóvedas, pérgolas catenarias).

**Figura 2.26**  
**Tejidos Cerámicos**



(Martínez, 2012)

Su principal aportación es la de disponer de un material milenario como la cerámica en un formato novedoso que supera la colocación tradicional pieza a pieza y en el que su gran flexibilidad permite que se puedan almacenar y transportar plegados en palets para que su puesta en obra, en grandes tiradas, sea fácil, rápida y económica. Con el uso de grúas, la velocidad de ejecución con estos tejidos puede ser hasta diez veces superior a la tradicional: se extiende como una alfombra en pavimentos y cubiertas o se cuelga como una cortina en fachadas.

### **2.7.1. Tejidos Cerámicos utilizados como Doble Piel o Segunda Fachada**

Este tema es fundamental para mantener o crear un micro clima dentro de los proyectos arquitectónicos, pues las dobles pieles son como la ropa del edificio y es efectivamente ese su funcionamiento, resguardar de los agentes exteriores el interior del edificio, aunque muchas de las veces en que se utiliza es por pura estética, para crear las sensaciones de movimiento.

**Figura 2.27**

**Ejemplo de fachada en edificio**



(Martínez, 2012)

**2.7.1.1. Descripción de los Tejidos Cerámicos Utilizados como Segunda Piel**

Una doble fachada es aquella construida con dos sistemas o "pieles" separados por un espacio intermedio ventilado.

**Figura 2.28**

**Ejemplo de Doble Fachada en Edificio**



(Martínez, 2012)

Fachada constituida por una piel exterior textil, compuesta por una malla metálica tensada sobre bastidores, soportados sobre una superestructura exterior de acero y una piel interior constituida por un sistema de muro cortina de acero inoxidable. Los montantes del muro

cortina se desdoblán para permitir que acometa a la estructura de hormigón del edificio la estructura de acero de la piel exterior, mediante unos chapones que hacen de ménsula. De este modo se permite la coincidencia en los ejes de las estructuras de la fachada exterior e interior, que quedan alineadas.

El muro cortina interior dispone de grandes paños de vidrio que permiten una amplia iluminación de las estancias. A la altura de los niveles de planta el muro cortina dispone planchas equipadas con aislamiento térmico que tapan todos los cantos de forjado, las jácenas metálicas de borde y el encuentro del falso techo justo en el punto de encuentro del falso techo con estas planchas se disponen longitudinalmente estores de regulación solar que son desplegados en las aulas si fuese necesario.

La fachada constituida por esta doble piel mejora el funcionamiento energético del edificio, haciendo de colchón térmico y jugando con sus opacidades para permitir penetrar la luz o dar sombra según sea conveniente. Desde el exterior el textil da un aspecto sólido de día, haciéndose presente el volumen exterior, manifestándose como un edificio sólido y estereotómico. Por la noche la piel desaparece virtualmente, permitiendo que aparezca el volumen interior transparente e iluminado aportando un carácter tectónico al edificio, que ha roto su unicidad y se configura como una superestructura articulada.

#### **2.7.1.2. Motivos de Utilización de la Segunda Piel o Segunda Fachada**

- Incrementar o mejorar el uso de ventilación natural para disminuir la ventilación artificial y disminuir el riesgo del SBS (síndrome de edificio enfermo) con control individual.
- Disminuir las ganancias solares en verano al incorporar sistemas de protección solar como persianas que se encuentran protegidos en el espacio intermedio.
- Mejorar las condiciones acústicas interiores.
- actuar como colectores solares y/o espacios de "colchón térmico" en invierno para reducir pérdidas y contribuir al ahorro energético o aeropuertos.
- Garantizar o mejorar la iluminación natural para reducir la dependencia en la iluminación artificial.

- Mejorar las condiciones de confort en proximidad de la fachada al evitar el efecto de pared fría o pared caliente

**Figura 2.29**

**Motivos de utilización**



(Martínez, 2012)

Algo interesante, y esto es una herramienta también, es que la doble piel también sirve a veces para esconder por ejemplo en este caso una escalera de Emergencia, algo que a veces se coloca simplemente porque es necesario y no se prevé, siempre se ve mal pero esconderlo lo hace integral. En otros casos como este, se vuelve prácticamente todo el diseño, lo más llamativo, y por ende el eje fundamental de todo el proyecto, Mas sin embargo debemos tener en cuenta que la doble piel no debe ser ornamento, debe cumplir una función, de lo contrario es un costo que no se puede justificar, y el planificador/constructor queda mal como tal.

### **2.7.1.3. Otras Consideraciones para Utilizar Segunda Piel O Segunda Fachada**

- Aumento de productividad de empleados gracias al control individual de su ambiente.
- Reducción de consumo energético de hasta 65%.
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del 50%.
- Reducción adicional de niveles de ruido de hasta 20dB ejemplo fachada colgante.

**Figura 2.30**

**Ejemplo de Segunda Piel**



(Martínez, 2012)

A veces la doble piel pasa desapercibido, se le coloca muy sutilmente, casi se podría decir que es la primer piel pero al estar dentro se revela el misterio, eso es lo emocionante de la arquitectura, que a veces el exterior engaña la dimensión del usuario, de eso se trata la arquitectura, crear sensaciones, darle emoción al proyecto, que no sea pobre, no todo es diseño, a decir verdad, el diseño no existe como tal, pues si lo reconsideráramos, el diseño corresponde a necesidades, es resultado de un contexto, entonces no nos volvemos diseñadores, sino más bien intérpretes de que vocación nos impresiona el contexto.

#### **2.7.1.4. Funciones de la Segunda Piel o Segunda Fachada**

- La piel actúa como un filtro transformando los vientos fuertes en suaves brisas
- La piel separa con delicadeza el exterior y el interior
- La piel es un filtro que transforma la luz directa en un ambiente luminoso.
- La piel permite crear un jardín de esculturas protegido.

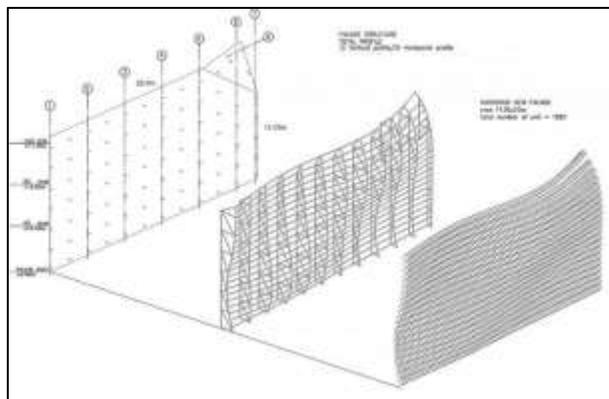
**Figura 2.31**  
**Motivos de utilización**



(Martínez, 2012)

Claro está hay pieles que no solo son interiores, sino exteriores, y hay pieles como verán en el siguiente vídeo que interactúan con el usuario, son pieles inteligentes creados con polímeros inteligentes que reaccionan a la luz, creando una serie de patrones coordinados, que crean unos efectos correlativos, durante el día, y durante la noche crean un juego de luces impresionantes.

**Figura 2.32**  
**Plano tridimensional del funcionamiento**



Fuente: [Hard Rock cafe](#)

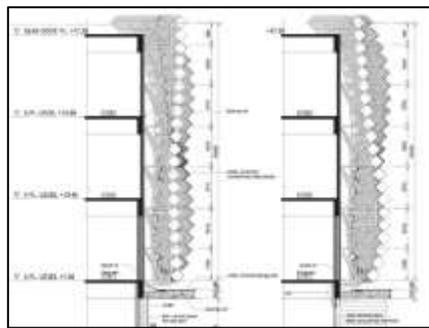
### 2.7.1.5. Propiedades de la Doble Piel o Segunda Fachada

Presentan las siguientes propiedades:

- Alta reflectividad
- Superficie exterior de baja absorción
- Superficie interior de baja emisividad.

**Figura 2.33**

#### **Plano tridimensional del funcionamiento**



Fuente: [Hard Rock cafe](#)

## 2.8 Materiales

La gama de opciones que pudieran existir va depender de la necesidad específica del lugar, pues las condiciones pueden variar y el material específico reacciona diferente en cada ambiente y clima, para determinar cuál es más apropiado hay que tomar en cuenta las condiciones en que este se encuentra y la seguridad ante siniestros también es importante a tomar en consideración.

- **Concreto**: Tiene gran capacidad de absorción de calor.
- **Madera**: La alta resistencia que posee al paso del calor lo convierte en un buen aislante térmico.

- **Fibro cemento**: poder aislante elevado.
- **Aluminio**: no es apto para aislamiento térmico, debido a su alto coeficiente de conductividad.
- **Acero**: es un material altamente dúctil y suele absorber rápidamente el calor.
- **Cobre**: conductividad 56, buen conductor de calor.
- **fibra de Bambú**: Capacidad de aislamiento térmico
- **Fibra de madera**: Aislante natural.

### 2.8.1. Sustitutos de la Madera

Se suele seleccionar la madera por sus atributos como aislante térmico pero para contribuir con el ambiente se debe descartar y a continuación unos materiales de sustitución.

- **Bambú**: Pensamiento considera una madera, el bambú es en realidad una hierba y es probablemente la planta más útil disponible en el mundo. La planta crece rápido y esto hace que sea una elección fácil para la fabricación de muebles y el uso para otros proyectos. El bambú se utiliza para fabricar productos que van desde muebles como mesas y sillas para mobiliario como cortinas y sábanas. Los usos del bambú son amplios y sus productos se encuentran para ser respetuoso del medio ambiente, sólido y robusto. Puentes de bambú también se puede encontrar, y también se utiliza en la creación de hermosos pisos de las casas. El bambú también se encuentra para ser utilizado en la fabricación de hardware como ratones, los casos de disco duro, teclado, etc. cubre ser un recurso renovable, es muy apreciado por los ecologistas de todo el mundo para ayudar a la tierra un lugar más verde, más seguro.
- **Cáñamo**: El cáñamo es de rápido crecimiento, renovable, y de fácil acceso material como el bambú. Al igual que en los usos del bambú, el cáñamo se utiliza ampliamente en la construcción de edificios y estructuras de toma de otros. También es a prueba de agua, a prueba de fuego, ligero y auto aislamiento, por lo que es una gran opción para sustituir a la madera para construcciones de casas. Sus otros usos incluyen la fabricación de papel, productos alimenticios, textiles, productos de cuidado corporal, incluyendo el combustible.

- **Corcho:** es realmente una maravilla, ya que puede sustituir a la madera, al ser más ligera que el agua, resistente a la flotabilidad, es impermeable, elástico y resistente al fuego. Tiene 50% de aire por volumen y en algunos países como los Estados Unidos, el corcho se utiliza en el suelo o para el aislamiento de suelos. Es cálido y cómodo para caminar.
- **Cascara de Nuez:** Las nueces molidas se vuelven una pasta y se mezcla con resinas luego se moldean en una fábrica para crear muebles. Muebles de casa de muñecas se suele hacer uso de cáscaras de nuez. Muchas obras de artes y artesanías se hacen con cáscaras de nuez y los productos son reciclables. Cáscaras de nueces tienen muchos usos industriales y químicos también.
- **Madera plástica:** De plástico o de plástico recuperado se mezcla con varios otros materiales se utiliza para hacer madera plástica, lo que podría ser una gran alternativa para la madera y productos de madera. Además de ser utilizado en la fabricación de muebles, sus usos industriales, incluido su uso en la fabricación de pavimentos y tarimas. Madera de plástico reforzado es químico y resistente a la humedad, lo que hace que dure más tiempo que la madera. No contiene astillas y es resistente al grafiti. Al ser flexible, la madera plástica puede curvarse fácilmente, y requiere menos mantenimiento.

Las propiedades físicas de absorción/aislamiento de calor de cada material es importante tomar en consideración al momento de decidir cuál es el indicado.

## **2.9. Materiales y sus aplicaciones de la segunda piel**

### **2.9.1. Segunda Piel de Aluminio**

#### **2.9.1.1. Zahner Factory Expansion – An Investigation on Patterns on Metal / Crawford Architects**

Una empresa de ingeniería y fabricación de renombre internacional, Zahner , trató de ampliar sus instalaciones existentes en el 8º y el Paseo Blvd. en Kansas City, Missouri. El diseño tendría que proporcionar transparencia parcial y mostrar la capacidad de la empresa para producir formas de alta ingeniería. Diseñado por [Crawford arquitectos](#) , el edificio es capaz de adaptarse a las necesidades de expansión de Zahner y mostrar sus habilidades impresionantes para manipular los metales.

La investigación del equipo en patrones de metales en la naturaleza dio lugar a un diseño que se asemeja ondas de arena. El patrón de oxidación natural se utiliza para crear un modelo digital de superficie de 3 dimensiones de la fachada. El diseño también explora los sistemas de la piel de Zahner, con el sistema de copia de seguridad de acero que se está completamente expuesto. La superficie, que generalmente se aplica a la estructura, está exento para el diseño.

**Figura 2.34**

#### **Ejemplo de Segunda Piel de Aluminio**



(Martínez, 2012)

En lugar de la piel se aplica la definición de la forma, la totalidad de todas las aletas se combinan para crear el patrón general, mientras que la conversión de un inherentemente 2-dimensional [sistema esquelético](#) en una onda sinuosa 3-dimensional colectiva [patrón](#) . Componentes clave del sistema están orientados verticalmente aletas DT \* hechas de un semicírculo de extrusión de aluminio en forma remachada a un chorro de agua corte 3/16 "placa de aluminio. La colocación de las aletas es cada 24 pulgadas en el centro con un sistema invertido Seam <sup>TM</sup> de fraguado en seco panel de vidrio en el medio la producción de un muro cortina estructural establecido sobre una base de hormigón in situ.

La asignación resultante parece crecer de forma rígida de la instalación existente, al mismo tiempo, proporcionar transparencia entre las actividades interiores y el entorno urbano circundante.

**Figura 2.35**  
**Ejemplo de Segunda Piel de Aluminio**



(Martínez, 2012)

## **2.9.2 Segunda piel de madera**

Esta casa tiene una configuración de plano de tres capas. A lo largo de un lado de norte a sur de la carretera en ese orden la memoria intermedia, el cuerpo y ranura. Hay una región intermedia entre los espacios interiores que componen la fachada con persianas de madera a BUFFER del lado de la carretera. Hay un patio, una habitación exterior, y una terraza. Este

espacio se puede utilizar como una extensión del espacio interior, mientras que el control de la luz y busque persianas.

**Figura 2.36**  
**Ejemplo de Segunda Piel de Madera**



(Martínez, 2012)

Hay un atrio estrecho llamado ranura en la parte norte del sitio. Luz y el aire fluyen al interior del edificio por el dispositivo. Hicimos la escalera por la transparencia de metal perforado, y caer a la luz a los pisos inferiores. Hay ventanas que se pueden abrir en la parte superior, como la chimenea un aire fluye a través de cada piso.

### 2.9.3. Segunda piel de acero inoxidable

Entendiendo el nuevo papel que juegan los centros comerciales en la sociedad moderna, en la que se han convertido en un centro de encuentros sociales y de intercambios culturales, se le dio a Rojkind Arquitectos la comisión de crear una fachada para la tienda departamental de 30,000 m<sup>2</sup> como parte de una nueva era en la imagen de la compañía. Las tiendas Liverpool, con una historia de 164 años, han sido de las principales tiendas “gancho” en los grandes centros comerciales en México. Su ubicación estratégica juega un rol importante en el contexto urbano inmediato.

**Figura 2.37**  
**Ejemplo de Segunda Piel de Acero Inoxidable**



Fuente: Tienda Departamental Liverpool / Rojkind Arquitectos

Ubicada en la zona de Interlomas, al norte de la Ciudad de Mexico, este suburbio relativamente nuevo se caracteriza por la falta de espacios públicos abiertos y la innumerable cantidad de calles exclusivas para automóviles y en las cuales los peatones no son bienvenidos.

**Figura 2.38**  
**Ejemplo de Segunda Piel de Acero Inoxidable**



Fuente: Tienda Departamental Liverpool / Rojkind Arquitectos

La fachada responde al paso veloz de la vida diaria en este suburbio encerrado, ubicada en medio de una intersección congestionada de calles y puentes, que le dan una sensación emergente futurística, tipo “Blade Runner”. Con una forma circular preexistente, la idea detrás del diseño fue basada en el proceso de fabricación directa de los Modelos en 3D. La velocidad se convirtió en un aspecto muy importante de cómo el proyecto se debe experimentar. Los principios del proceso de este diseño son la flexibilidad, la fluidez y el dinamismo.

La fachada de dos capas alberga a la tienda y a los usuarios de su ambiente caótico. Su exterior de acero inoxidable que nos recuerda a una máquina elegante aparenta evolucionar de una manera muy fluida mientras el sol intenso la baña durante el día. En una contradicción al caos de su entorno, una yuxtaposición que se convierte en un nuevo símbolo para esta parte de la ciudad.

Durante la noche, la cavidad hueca que contiene la estructura de la fachada doble baña el espacio con una luz sutil que se escapa por los finos relieves de los dobleces. La fachada se transforma de noche, dejando de tener la apariencia monocroma aparente durante el día, para convertirse en un objeto dinámico acentuado por la luz.

**Figura 2.39**  
**Ejemplo de Segunda Piel de Acero Inoxidable**



Fuente: Tienda Departamental Liverpool / Rojkind Arquitectos

Como parte del proceso, el cliente seleccionó a varias empresas de diseño para participar en las diferentes partes del proyecto: FRCH diseñó los interiores, Thomas Balsley el jardín terraza, y el espacio gourmet fue diseñado por JHP. Durante las sesiones de talleres iniciales fue claro que el espacio principal central interior necesitaba reflejar la naturaleza dinámica del exterior, así es que el cliente pidió también el diseño de este espacio a rojkind arquitectos.

Cuando entra el visitante, se encuentran con un atrio de tres niveles lleno de movimiento y la luz que se filtra alienta al visitante a moverse por la tienda departamental. Los balcones curvos, iluminados a contraluz son un recordatorio de la fluidez de la fachada exterior pero a una escala más humana, a diferencia de la escala urbana de la fachada exterior. Este juego entre el interior y el exterior intenta crear un sentido de descubrimiento para el usuario, que culmina en el jardín terraza.

### 2.9.5. Segunda piel de malla de acero inoxidable

La galería de arte en Seúl por los arquitectos de Nueva York, está envuelto en un velo de cota de malla, como se muestra en la figura siguiente:

**Figura 2.40**  
**Ejemplo de Segunda Piel de Acero Inoxidable**



(Martínez, 2012)

Artesanos chinos soldadas y tierra 510.000 conexiones de acero inoxidable con la mano para la manta de malla que se ajusta con precisión sobre el saliente hueco del ascensor, escalera y entradas de la [Galería Kukje](#) .

Una galería de 16 metros de largo, se extiende por la planta baja de doble altura y está iluminado por una claraboya superior alrededor del borde del techo.

**Figura 2.41**  
**Ejemplo de Segunda Piel de Acero Inoxidable**



(Martínez, 2012)

Un auditorio forrado de madera ofrece un espacio para conferencias en el sótano, se accede a través de una escalera que se envuelve alrededor de una esquina del edificio.

Oficinas y servicios de comidas son también en esta planta, con capacidad para almacenar obras de arte en un nivel subterráneo inferior.

**Figura 2.42**  
**Perfil de Segunda Piel de Acero Inoxidable**



(Martínez, 2012)

Este es el tercer proyecto de SO-IL, después de [algunas oficinas con pantallas translúcidas](#) y [una carpa blanca que serpentea por Frieze Art Fair de Nueva York](#) .

**Figura 2.43**  
**Perfil de Segunda Piel de Acero Inoxidable**



(Martínez, 2012)

La propuesta arquitectónica resuelve una disyunción que se percibe entre el dinamismo y la audacia de la Galería Kukje de organización y lista de artistas, y el tejido histórico frágil saturado por los materiales y los detalles que rodean el sitio. Estudios llevaron a un edificio suave y ambiguo que anida en sí suavemente en el sitio. Circulación entradas, vestíbulos, ascensores y escaleras ha sido empujado fuera del espacio de la galería ortogonal para maximizar su altura y mantener un volumen interior claro. Teniendo en cuenta la geometría de la caja esquemática demasiado rígido dentro del tejido histórico, SO-IL envolvió el edificio en un velo de malla, creando un exterior nebulosa que cambia de apariencia ya que los visitantes se mueven a través del sitio. Una malla de acero inoxidable de encargo produce una capa de difusión con respecto a la estructura, a través de una combinación de reflexiones, apertura y los patrones de moiré producidos a través de la interacción de sus sombras. La malla, hecha de 510.000 anillos soldados de forma individual, es resistente y flexible, ya que se envuelve alrededor de geometrías irregulares del edificio. El resultado es un objeto abstracto 'fuzzy' que se adapta a una multiplicidad de lecturas.

El edificio contiene una galería de 16 x 9 x 6 m de espacio, un auditorio de 60 asientos, espacios de proyectos, apoyo y funciones administrativas para el complejo de la galería. La galería de la planta baja es un solo piso, el espacio libre de columnas optimizado para grandes instalaciones, performances y eventos. Para encender el arte y mantener una relación palpable hacia el exterior, la luz del día entra a través de una claraboya perímetro. El tragaluz puede ser sombreado o totalmente oscurecido, para crear una condición de recuadro negro, lo que permite trabajos sensibles a la luz o de vídeo. El primero de los dos niveles más bajos sostiene un auditorio de 60 asientos tinto oscuro cubiertas de madera, áreas administrativas, espacios de restauración, los baños y los espacios mecánicos. El segundo sótano tiene espacios de almacenamiento y de apoyo.

**Figura 2.44**  
**Perfil de Segunda Piel de Acero Inoxidable**

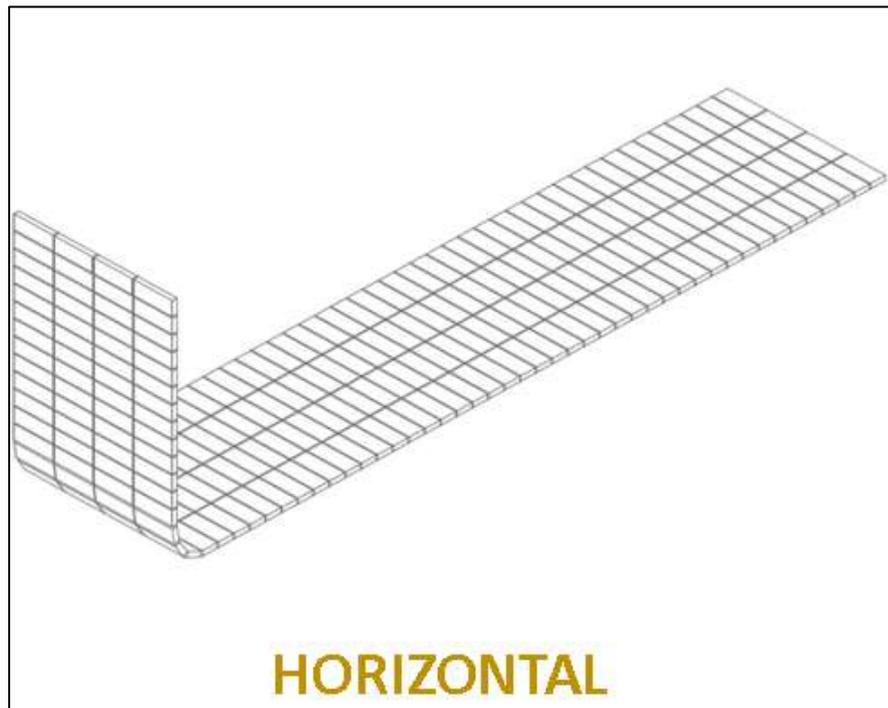


(Martínez, 2012)

## **2.10. Mallas**

Históricamente, malla de cota de malla se utiliza como armadura, bien envolviendo cuerpos curvilíneos. Originario de Asia Central - y la migración a través de Asia Oriental Europa - cota de malla se ha utilizado en todo el mundo debido a sus características únicas. Es rígido, ya que está hecho de metal, y tiene una flexibilidad similar a tela, debido a la forma en que los anillos se entrelazan. Estas cualidades, combinadas ofrecen la posibilidad de crear una fuerte piel que puede adaptarse al contorno de cualquier organismo y la forma individual. Para Kukje hemos desarrollado una estrategia de incorporar este material en un sistema de fachada arquitectónica. Aquí, el efecto es la creación de un límite aproximado 'difusa' de la masa del edificio. La caja con bordes duros de la galería de arte se funde con la forma irregular del sitio y su contexto. A través de una extensa investigación, realizada conjuntamente con el Frente Inc una ingeniería de fachada firme- que creó esta sola vez fachada. Es un sin fisuras a medida apretada 'vestido', montaje que consta de 510.000 lado soldada y molido anillos de acero inoxidable. La malla se produce con artesanos locales en Anping, China, bajo estrecha supervisión y control de calidad de Front / Via LLC y SO - IL.

**Figura 2.45**  
**Tejido de Malla Horizontal**



(Flexbrick, 2016)

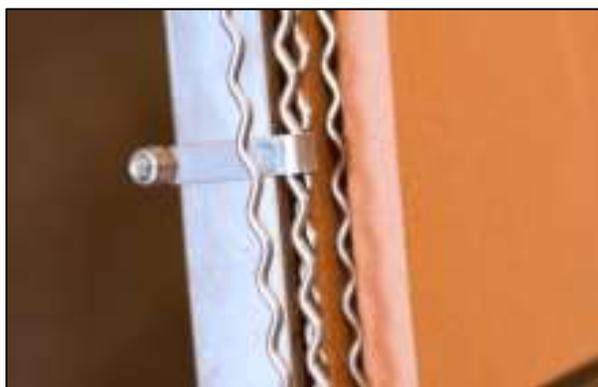
Las innovaciones técnicas incluyen el desarrollo de un sistema de fijación perímetro altamente flexible que permite la malla para encontrar la forma por sí mismo y desarrollar una pre-tensión equilibrada, eliminando las arrugas y las concentraciones de estrés de frente. Igualmente significativo fue el desarrollo de un proceso computacional para modelar la forma en que la malla sería cuelgue del edificio. Esto permitió Frente para predecir el número de tonos necesarios en cada lugar y crear modelos de elementos finitos de ingeniería precisos. Desde un punto de vista de la ingeniería de materiales y la fachada este es un proyecto innovador que permitirá una exploración sin precedentes de superficies atmosféricas".

## **2.11. Tejido**

Conseguir la compatibilidad entre las mallas de acero y las piezas cerámicas, dos materiales que no se habían encontrado hasta entonces. Después de un camino largo de estudio y

varios proyectos de investigación nace, la combinación de acero inoxidable y piezas cerámicas, un sistema innovador de láminas flexibles de arcilla cocida.

**Figura 2.46**  
**Tejido de Malla Horizontal**



(Flexbrick, 2016)

El sistema permite construir además de láminas estructurales simplemente aumentando el espesor del alambre de la malla, abrir un campo ilimitado de posibilidades en revestimientos en seco, permitiendo la envolvente continua de cubiertas, estructuras, pavimentos y revestimientos verticales, una solución polivalente y adaptable a cualquier proyecto.

### **2.11.1 Usos y Aplicaciones**

Más allá del diseño, optimiza la durabilidad y seguridad de las fachadas verticales ya que solo utiliza malla de alambre de acero inoxidable.

El rendimiento es óptimo, pudiendo llegar a colocarse en obra con una velocidad de ejecución hasta 10 veces superior a la del método tradicional pieza a pieza. Este resultado se logra gracias a su formato de grandes dimensiones (actualmente hasta 20 metros lineales, aunque se está desarrollando para poder hacer piezas con más longitud) que se coloca con medios mecánicos. El rendimiento con dos operarios y una grúa puede llegar a los 250 m<sup>2</sup>/día.

En todas sus aplicaciones los tejidos cerámicos aportan las siguientes ventajas:

- **Dimensiones.** Se puede diseñar y construir con formatos de grandes dimensiones, hasta 20 metros, lo que revierte también en un notable ahorro de mano de obra y tiempo.
- **Proyectar envolventes continuas.** Gracias a su versatilidad permite la continuidad de un mismo acabado estético entre los pavimentos, las fachadas y las cubiertas.
- **Polivalencia.** Modificando menos del 10% de sus componentes, se pueda ejecutar en diferentes aplicaciones, ya sean pavimentos, fachadas o cubiertas.
- **Diseño.** es un sistema industrializado que permite múltiples configuraciones de tejidos (en rompejunta, en retícula, calado, etc.) y gamas cromáticas.
- **Otros usos** Con este sistema, los materiales cerámicos amplían sus usos hacia nuevos mercados potenciales en arquitectura y obra civil.
- **Precisión.** Gracias a la utilización de una malla metálica, las juntas se mantienen perfectamente alineadas para cualquier longitud. La industrialización revierte en una mayor precisión y calidad de la ejecución.
- **Durabilidad.** Para la fabricación sólo se utilizan dos materiales inalterables cómo son la cerámica y el acero inoxidable.
- **Fiabilidad.** El sistema está en fase de certificación por el ITEC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya) para obtener un Documento de Adecuación al Uso (DAU) válido para fachadas, pavimentos y cubiertas.
- **Ahorro logístico.** Aporta también ahorro en almacenamiento y transporte ya que se transporta plegado en palets o enrollado en bobinas, ocupando menos espacio y facilitando su movilidad.

## 2.11.2. Aplicaciones constructivas

### Revestimientos Colgantes: fachadas, celosías y cubiertas inclinadas o curvas

Permite la construcción de fachadas y celosías colgantes así como de cubiertas inclinadas y curvas. Las fachadas colgantes permiten ahorrar costes en materiales y tiempos de colocación porque no requieren perfilera vertical y se aploman por su propio peso.

**Figura 2.47**  
**Tejido de Malla Cerámica**



### 2.11.3. Características técnicas

- Los tejidos cerámicos para fachadas ventiladas se fabrican únicamente con mallas de acero inoxidable para optimizar la durabilidad y seguridad del sistema.
- Sus componentes de fijación se sitúan en los frentes de forjado posibilitando que los cerramientos sean ligeros.
- Se puede escoger libremente el espesor de la cámara de aire interior.

Además de las ventajas comunes a todas las aplicaciones del sistema, en el apartado de revestimientos verticales es importante destacar:

- **Diseño.** El sistema permite al diseñador del proyecto jugar con multitud de combinaciones posibles a partir de los conceptos lleno y vacío (continuo o celosía) y de las gamas cromáticas de las piezas cerámicas que se utilicen. Evoca la arquitectura textil, permitiendo múltiples asociaciones para vestir los edificios.
- **Ejecución.** Las características de los anclajes y componentes de permiten adaptarse fácilmente a cualquier tipo de fachada y salvan cualquier desplome.
- **Adaptabilidad.** puede adaptarse a cualquier curvatura ya que funciona como una alfombra cerámica que se desenrolla y se deposita sobre cualquier superficie mediante formatos de grandes dimensiones longitudinales que aceleran la colocación con velocidades hasta ahora reservadas casi exclusivamente para obra civil.

#### **2.11.4. Revestimientos Horizontales: pavimentos, pavimentos drenantes y cubiertas planas**

Las aplicaciones horizontales, destacan en la construcción de todo tipo de cubiertas planas y pavimentos, ya sea en acabados rígidos, flexibles o drenantes.

**Figura 2.48**  
**Tejido de Malla Cerámica**



(Martínez, 2012)

### 2.11.5. Características Técnicas

- El sistema es una solución idónea para la pavimentación de zonas urbanas y jardines, así como para pavimentos interiores, cubiertas, etc.
- El sistema está diseñado para poder ejecutar pavimentos drenantes, cada vez de mayor importancia como recurso para evitar la pérdida de agua. El tejido cerámico impide cualquier movimiento o desprendimiento de piezas ya que están tejidas a la malla, permitiendo el drenaje por sus juntas.
- Piezas disponibles: se puede fabricar tejido cerámico con adoquines ( $90\text{kg/m}^2$ ), ladrillo ( $60\text{ kg/m}^2$ ) y plaqueta ( $40\text{ kg/m}^2$ ).
- Se deposita sobre zonas ajardinadas con facilidad, permitiendo el crecimiento de la vegetación entre las piezas cerámicas mientras se asegura que las piezas nunca se moverán. Con se pueden obtener interesantes tapizados combinado la cerámica con vegetación o con diversos tipos de gravillas.
- Los formatos permiten longitudes de 0,5 metros a 20 metros y anchos de 0,60 a 1 metro.

**Figura 2.49**

#### **Tejido de Malla Cerámica**



(Martínez, 2012)

### **2.11.6. De las ventajas de este pavimento, podemos destacar**

- Rendimiento. La colocación del tejido en revestimientos horizontales puede alcanzar los 250 metros cuadrados al día, únicamente con la mano de obra de dos operarios y una grúa. Eso significa unas 10 veces más rápido que el sistema tradicional.
- Resistencia y calidad. La malla de acero trenzado actúa como un armado que reduce las patologías comunes en pavimentos como los movimientos de piezas, causadas habitualmente por el vaciado de juntas o fallos en la base. El resultado es un pavimento más resistente, también en caso de tráfico rodado.
- Fácil ejecución. El tejido cerámico no requiere rejuntar el pavimento mientras se ejecuta y permite separar las fases de trabajo: primero se colocan las láminas y posteriormente se rejuntan conjuntamente.
- Cubiertas planas. En cubiertas planas, el tejido es transitable y ligero, se adapta fácilmente a las pendientes de desagüe y se combina perfectamente con un posible ajardinamiento.
- Fácil de levantar. El tejido se puede retirar y reposicionar, esta característica facilita, abarata y reduce las molestias de las operaciones de colocación y reparación de instalaciones en el subsuelo.

### **2.11.7. Paneles Mixtos: tejido cerámico con paneles de hormigón prefabricado**

Se puede combinar fácilmente con cualquier panel o elemento constructivo de hormigón prefabricado para suavizar su impacto estético y ofrecer un diseño más cálido y atractivo. Los tejidos se depositan en el molde de prefabricación y evitan que las piezas cerámicas se muevan mientras se vierte el hormigón. De este modo se asegura que las piezas cerámicas queden totalmente incrustadas.

**Figura 2.50**  
**Tejido de Malla Cerámica**



(Flexbrick, 2016)

Estos paneles combinados no requieren del mantenimiento que puede exigir un pieza pintada y mejoran su imagen y durabilidad.

### **2.11.8. Estructuras laminares: bóvedas y techos catenarios.**

Con los tejidos cerámicos, los arquitectos y diseñadores tienen a su alcance una fórmula actualizada para recuperar las bóvedas cerámicas estructurales. El uso de formatos industrializados, que eliminan la dependencia de la mano de obra especializada y permiten mejorar las velocidades y sus rendimientos de ejecución, facilitará dar un nuevo impulso a la utilización de este recurso estructural. Por otro lado, la ligereza y resistencia a la tracción de los tejidos cerámicos permiten proyectar techos catenarios en seco para construir pérgolas y falsos techos de acabado cerámico.

**Figura 2.51**

**Estructura Laminar en Bóvedas y Techos**



(Flexbrick, 2016)

**2.11.8.1. Características Técnicas de la bóveda cerámica.**

- Permite su colocación con cualquier tipo de curvatura.
- Son estructuras ligeras que optimizan el diseño y el coste de los elementos auxiliares, cimientos y pilares.
- En su realización se utilizan encofrados ligeros que aceleran la puesta en obra reduciendo costes.
- El aspecto final de las juntas se diseña previamente y no depende de su colocación en obra.
- Su versatilidad constructiva permite desarrollar estructuras de envolvente continua.

**2.11.8.2. Otro tipo de aplicaciones**

- Obra Civil y Urbanismo
- Mobiliarios Urbanos
- Encofrados colaborantes
- Estabilización de Taludes

- Gaviones
- Arquitectura Efímera
- Murales Decorativos

**Figura 2.52**

**Proyecto Casa Mingo: Casa en San Martí de Tous (Barcelona)**



(Martínez, 2012)

Durante los tres años en que se ha ido desarrollando el proyecto de investigación en torno a, uno de los proyectos más interesantes ha sido la construcción de una vivienda unifamiliar que puede considerarse un prototipo para algunas de las aplicaciones del proyecto.

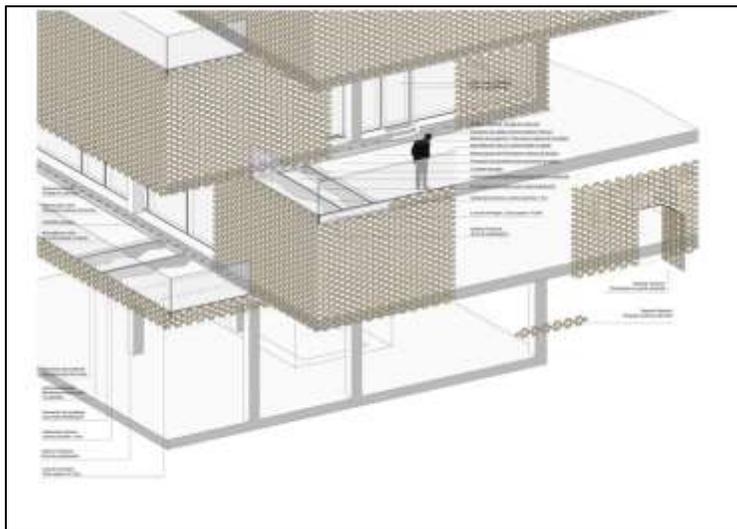
El resultado final es un buen ejemplo de arquitectura textil a partir de las diferentes soluciones que ofrece, con un catálogo de aplicaciones que van desde la bóveda cerámica hasta la cubierta curva pasando por los paneles mixtos y diferentes tipos de pavimento.

### **2.11. Segunda piel de Cerámica**

El Centro Cultural La Gota es un edificio híbrido para espacios expositivos que pretende crear un nuevo foco de centralidad urbana, proyectando identidad en la localidad de Navalmoral (Cáceres). Su etimología tiene origen en un antiguo edificio situado en el

mismo solar, en los años treinta, creado para remediar los problemas de desnutrición infantil a través de “la Gota de Leche”.

**Figura 2.53**  
**Centro Cultural La Gota**



(Martínez, 2012)

El Centro acoge una sala temporal, la exposición permanente de la pintora Sofía Feliu y el Museo del Tabaco. La geometría del Centro se atribuye a la formación de la planta de tabaco, con el principio de igualdad y diversidad, que también vemos en estos vegetales -las hojas son iguales, pero distintas al mismo tiempo-. Así, el edificio contiene un fuste, a modo de comunicación vertical y estructura, desde el cual surgen plantas de igual tamaño y morfología, pero con diversidad de altura y caracteres y ligeramente desplazadas.

En el interior, el edificio contemporaneiza la atmósfera lumínica de un secadero de tabaco a través de un tejido cerámico inspirado en el tradicional aparejo de ladrillo que tienen estos edificios. La luz entra -en aquellos espacios que lo permita el programa- a través de los huecos de la fachada. Esto produce un alzado desmaterializado, de geometrías depuradas, que deja filtrar la entrada de sol a través de sus paredes.

**Figura 2.54**  
**Centro Cultural La Gota**



(Flexbrick, 2016)

La estructura pos-tensada con la que se ha construido el edificio permite, a través de las armaduras activas, obtener grandes luces y reducción del canto de los forjados. El sistema aumenta la capacidad resistente del hormigón, reduce sus deformaciones y disminuye su fisuración, aumentando así su vida útil. Con todo ello se hace un uso más eficiente de los materiales y una reducción del peso total de la estructura

**Figura 2.55**  
**Centro Cultural La Gota**



(Martínez, 2012)

La fachada es un sistema industrializado de láminas cerámicas flexibles que cubren todo el edificio haciendo diversos dibujos que producen luces y sombras en el interior. El sistema está compuesto por un trenzado de barras de acero en la que se insertan las piezas cerámicas en retícula, lo que permite flexibilidad, polivalencia y variabilidad.

**Figura 2.56**  
**Tejido Cerámico Vista Interior**



(Martínez, 2012)

La fachada cerámica se divide en módulos de 1.00m. y 0.75m. que se combinan formando el dibujo exterior que contemporaniza los secaderos de tabaco tradicionales. La malla cerámica se sustenta en unas guías superiores atornilladas al forjado y anclajes puntuales de retención contra el viento en la parte inferior.

**Figura 2.57**

**Tejido Cerámico Vista Interior**



(Flexbrick, 2016)

## **2.12. Desconocimiento de esta tecnología en la ciudad de Tarija.**

### **2.12.1. Riesgos derivados de la producción de sustancias tóxicas.**

La mala combustión del material empleado para la producción de calor, bien por mal funcionamiento del sistema o bien por una obstrucción de la salida de humos, puede provocar la emanación de gases nocivos y su acumulación en cantidades peligrosas.

En la actualidad, la utilización de productos químicos se ha extendido a prácticamente todas las ramas de actividad, de modo que existen ciertos riesgos en numerosos lugares de trabajo. Se cuentan por miles las sustancias químicas que se utilizan en grandes cantidades y cada año se introducen muchos nuevos productos en el mercado. Por tales razones,

constituye una tarea urgente la adopción de un enfoque de seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo.

Para un control efectivo de los riesgos químicos en el lugar de trabajo, se requiere contar con un adecuado flujo de información sobre sus peligros y las medidas de seguridad. A este flujo de información debe sumársele el esfuerzo diario de la empresa para que se adopten y se apliquen las medidas necesarias con el fin de proteger a los trabajadores, y su medio ambiente-

**Figura 2.58**

**Gas Tóxico**



(Goldfrank LR, 2002)

### **2.12.2. Productos Químicos**

Los productos químicos peligrosos son aquellos que pueden producir un daño a la salud de las personas o un perjuicio al medio ambiente. Lógicamente, no todos los productos químicos son peligrosos. Normativa D.S. 109 listado de las enfermedades profesionales.

Sustancia: se entiende por sustancia: "los elementos químicos y sus compuestos en estado natural o los obtenidos mediante cualquier procedimiento de producción incluidos los aditivos necesarios para conservar la estabilidad del producto.

Utilidad de los productos químicos: A pesar de todas las investigaciones llevadas a cabo sobre este tema y en especial, sobre las posibles repercusiones, diariamente estamos en contacto con multitud de productos químicos cuyos efectos y consecuencias todavía hoy no se conocen con total rigurosidad y que a la vez se han hecho imprescindibles en nuestras vida. Riesgos productos químicos: Hoy en día todavía no se conoce con exactitud el posible efecto que muchos productos pueden llegar a producir sobre el medio ambiente y/o sobre la salud de las personas. A pesar de sus múltiples aplicaciones, el enorme mercado de productos químicos y la creciente globalización es necesario crear medidas de seguridad. Tipos de productos químicos que se encuentran en el lugar de trabajo La forma material de un producto químico puede influir en cómo penetra en el organismo y, en alguna medida, en el daño que provoca. Las principales formas materiales de los productos químicos son sólidos, polvos, líquidos, vapores y gases.

Muchas sustancias peligrosas, por ejemplo los ácidos y los solventes, son líquidos cuando están a temperatura normal.

Muchos productos químicos líquidos desprenden vapores que se pueden inhalar.

La piel puede absorber las sustancias químicas líquidas. Algunos productos químicos líquidos pueden dañar inmediatamente la piel. Otros líquidos pasan directamente a través de la piel a la corriente sanguínea, por la que pueden trasladarse a distintas partes del organismo y tener efectos dañinos.

Hay que aplicar medidas de control a los productos químicos líquidos para eliminar o disminuir la posibilidad de inhalación, exposición de la piel y daños en los ojos.

### **2.12.3. Vapores**

Los vapores son gotitas de líquido suspendidas en el aire. Muchas sustancias químicas líquidas se evaporan a temperatura ambiente, lo que significa que forman un vapor y permanecen en el aire.

Los vapores de algunos productos químicos pueden irritar los ojos y la piel. La inhalación de determinados vapores químicos tóxicos puede tener distintas consecuencias graves en la salud.

Los vapores pueden ser inflamables o explosivos. Para evitar incendios o explosiones, es importante mantener las sustancias químicas que se evaporan alejadas de las fuentes de calor.

Hay que aplicar controles para evitar la exposición de los trabajadores a vapores desprendidos por líquidos, sólidos u otras formas químicas.

**Figura 2.59**

### **Vapores de Industrias**



(MJ, 2003. )

#### **2.12.4. Gases**

Algunas sustancias químicas están en forma de gas cuando se hallan a temperatura normal. Otras, en forma líquida o sólida, se convierten en gases cuando se calientan.

Es fácil detectar algunos gases por su color o por su olor, pero hay otros gases que no se pueden ver ni oler en absoluto y que sólo se pueden detectar con un equipo especial.

Los gases se pueden inhalar.

Algunos gases producen inmediatamente efectos irritantes. Los efectos en la salud de otros gases pueden advertirse únicamente cuando la salud ya está gravemente dañada.

Los gases pueden ser inflamables o explosivos. Se debe actuar con gran cautela cuando se trabaja en un lugar en el que hay gases inflamables o explosivos.

Los trabajadores deben estar protegidos de los posibles efectos dañinos de los gases químicos mediante medidas eficaces de control en el lugar de trabajo.

## **2.12.5. Vías de entrada al organismo de los contaminantes químicos**

### **2.12.5.1. Vía Respiratoria a través de la nariz y la boca, los pulmones, etc.**

Es la vía de penetración de sustancias tóxicas más importantes en el medio ambiente de trabajo, ya que con el aire que respiramos pueden penetrar en nuestro organismo polvos, humos, aerosoles, gases, etc.

**Figura 2.60**

#### **Vías Respiratorias**



(Bramness JG, 1999)

### **2.12.5.2. Vía Digestiva a través de la boca, estómago, intestinos, etc.**

Es la vía de penetración a través de la boca, el esófago, el estómago y los intestinos.

También hemos de considerar la posible ingestión de contaminantes disueltos en mucosidades del sistema respiratorio.

**Figura 2.61**

**Vía Digestiva**



### **2.12.5.3. Vía Parenteral a través de Las heridas, llagas, etc.**

Es la vía de penetración del contaminante en el cuerpo a través de llagas, heridas, etc.

**Figura 2.62**

**Vía Digestiva**



(Bramness JG, 1999)

### **2.12.5.4. Vía Dérmica a través de la piel.**

Es la vía de penetración de muchas sustancias que son capaces de atravesar la piel, sin causar erosiones o alteraciones notables, e incorporarse a la sangre, para posteriormente ser distribuidas por todo el cuerpo.

**Figura 2.63**

Vía Dérmica



(Bramness JG, 1999)

### **2.12.6. Monóxido de Carbono**

El monóxido de carbono se produce por una combustión incompleta del material utilizado como combustible. Es un gas incoloro e inodoro que no irrita las mucosas ni produce tos, ocupa el lugar del oxígeno en la hemoglobina por la que tiene mucha mayor avidez que el propio oxígeno, e intoxica al paciente al que primero le puede hacer perder el conocimiento y posteriormente, ocasionar una parada cardiorrespiratoria. En intoxicaciones de menor grado puede provocar dolor de cabeza, náuseas, debilidad, mareos y agitación respiratoria. A pesar del problema respiratorio el paciente mantiene un espléndido color rosado, contrariamente a lo que sucede con otros problemas respiratorios, donde el color se torna algo azulado (cianosis).

**Figura 2.64**

**Desprendimiento de Monóxido de Carbono**



(Bramness JG, 1999)

### 2.12.7. El aire acondicionado perjudica al medio ambiente.

Los climatizadores consumen mucha energía eléctrica, lo que hace que se emita más CO<sub>2</sub> a la atmósfera y se agrave por lo tanto el calentamiento global. Por otra parte, un estudio de Ecologistas en Acción demostró en el 2011 que el uso sistemático de los climatizadores puede aumentar la temperatura en 1,5° o 2° en verano en una ciudad como Madrid.

**Figura 2.65**

**Aire Acondicionado**



#### 2.12.7.1. El aire acondicionado es malo para tu bolsillo.

En época de vacas flacas como la actual restringir el uso de los climatizadores es una buena manera de ajustar el presupuesto familiar.

**Figura 2.66**

**Aire Acondicionado**



### **2.12.7.2. El aire acondicionado es malo para el vecindario (que no tiene aire acondicionado).**

No sé si alguien se ha parado a pensar en el prójimo cuando presiona el "start". En ese momento se enciende el motor que -oh casualidad- no está en el interior de su piso sino en el exterior para gozo y disfrute de los vecinos que, a la desgracia de no tener climatizador, deben sumar la de soportar el estruendo y el calor que emana del artilugio. Por no hablar de cómo afean el paisaje urbano los climatizadores.

El incremento de temperatura por encima de determinados niveles, que podríamos establecer en los 25-26 grados, además de producir sensación de calor, que puede hacerse desagradable, reseca más el ambiente y al aumentar el contraste de temperatura entre interior y exterior, puede disminuir la capacidad de respuesta defensiva del organismo. Los pacientes con enfermedades de las vías respiratorias, como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, son más susceptibles a estos problemas.

**Figura 2.67**

#### **Tejido Cerámico**



(Martínez, 2012)

## 2.13. Premisas Funcionales

- El sistema de segunda piel supone un cambio revolucionario en la construcción con materiales cerámicos ya que introduce la industrialización en un campo de trabajo básicamente tradicional. Supera la colocación tradicional pieza a pieza y ofrece numerosas ventajas para la construcción con cerámica e innovadoras opciones para los arquitectos.
- La piel actúa como un filtro transformando los vientos fuertes en suaves brisas
- La piel separa con delicadeza el exterior y el interior
- La piel es un filtro que transforma la luz directa en un ambiente luminoso.
- La piel permite crear un jardín de esculturas protegido.

**Figura 2.68**

### **Tejido Cerámico**



(Martínez, 2012)

### **2.13.1. Premisas ambientales**

- Solucionar la mala combustión del material empleado para la producción de calor, bien por mal funcionamiento del sistema o bien por una obstrucción de la salida de

humos, puede provocar la emanación de gases nocivos y su acumulación en cantidades peligrosas.

- La piel puede absorber las sustancias químicas líquidas. Algunos productos químicos líquidos pueden dañar inmediatamente la piel. Otros líquidos pasan directamente a través de la piel a la corriente sanguínea, por la que pueden trasladarse a distintas partes del organismo y tener efectos dañinos.
- Sabemos que cuando la radiación solar entra en contacto con la superficie de la edificación parte de esta absorbe el calor y también la refleja. Parte de la energía que es absorbida es transmitida directamente al interior, esta es una de las razones por las cuales se utiliza doble fachada en áreas de mayor exposición solar y con un clima cálido.
- Incrementar o mejorar el uso de ventilación natural para disminuir la ventilación artificial y disminuir el riesgo del SBS( síndrome de edificio enfermo) con control individual
- actuar como colectores solares y/o espacios de "colchón térmico" en invierno para reducir pérdidas y contribuir al ahorro energético o aeropuertos.

**Figura 2.69**

**Tejido Cerámico**



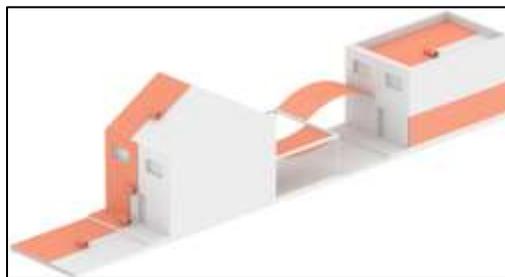
(Martínez, 2012)

**2.13.2. Premisas morfológicas**

- El sistema, basado en un trenzado de acero que crea láminas flexibles de piezas de arcilla cocida, representa una revolución que ofrece a los arquitectos un gran número de aplicaciones. No es un sistema cerrado sino que apuesta por la polivalencia, lo que permite personalizar cada proyecto modificando únicamente el 10% de los componentes en cada aplicación.
- Permite un gran número de opciones de diseño para el arquitecto. Con el tejido se puede, por ejemplo, proyectar cualquier curvatura y obtener alineaciones constantes de sus piezas. De la misma forma, el tejido puede componerse para crear estampados combinando sus múltiples configuraciones y gamas cromáticas.
- se puede aplicar con excelentes resultados en el diseño y la construcción de pavimentos, cubiertas, revestimientos verticales, estructuras, mobiliario urbano, estabilización de taludes, gaviones, arquitectura efímera, murales decorativos, obra civil y urbanismo. La investigación técnica permitirá a todos los profesionales de la arquitectura y de la construcción disponer de una atención permanente en todas las etapas del proceso de diseño y ejecución de una obra.
- Disminuir las ganancias solares en verano al incorporar sistemas de protección solar como persianas que se encuentran protegidos en el espacio intermedio.
- Garantizar o mejorar la iluminación natural para reducir la dependencia en la iluminación artificial.
- Mejorar las condiciones de confort en proximidad de la fachada al evitar el efecto de pared fría o pared caliente.

**Figura 2.70**

**Tejido Cerámico**



(Martínez, 2012)

#### 2.13.4. Premisas estéticas

- Posibilidades de realizar diseños de gran fuerza visual en construcciones llevadas a cabo con esta tecnología.
- Lograr una mayor simplicidad en los acabados con esta propuesta.
- Posibilitar esta tecnología a todos los usos y aplicaciones posibles.

**Figura 2.71**

#### Tejido Cerámico



(Martínez, 2012)

#### 2.13.5. Premisas culturales

- Adecuar las fachadas a entornos ambientales a construir.
- Respetar la arquitectura local.

**Figura 2.72**  
**Tejido Cerámico**



(Martínez, 2012)

# CAPÍTULO III

## MATERIALES Y METODOS

## DISEÑO TEÓRICO DE LA INVESTIGACION

### 3.1. INTRODUCCIÓN

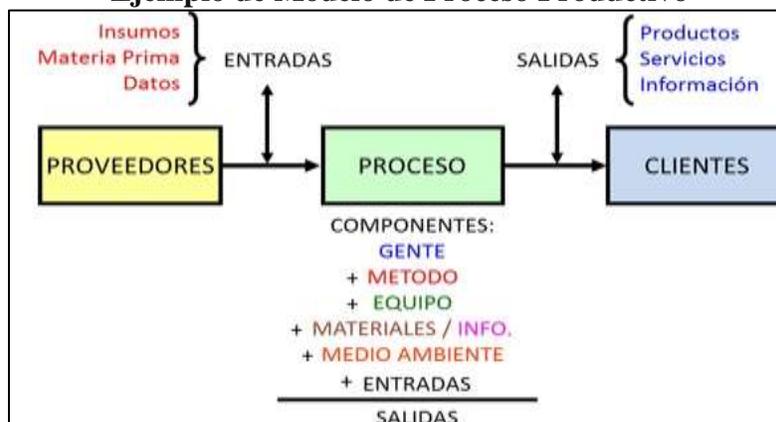
Investigadores y consultores, en la industria de la construcción, han desarrollado modelos del proceso constructivo cerámico en diferentes dimensiones posibles en gran parte por las ventajas y las facilidades de las tecnologías.

Elaborar un modelo del proceso constructivo de un proyecto de construcción conlleva diferentes ventajas; entre las más significativas:

- Almacenamiento y gestión de la información de construcción.
- Reducción de los costos en las fases de diseño y construcción de un proyecto.
- Posibilidad de trabajar con profesionales en distintas partes del mundo.
- Cálculo de las cantidades de construcción.
- Detección de problemas de seguridad en la obra.
- Detección de inconsistencias en los diseños del proyecto.
- Optimización del espacio en la obra.
- Planificación de los recursos que han de utilizarse.

Para solucionar los problemas de almacenamiento y visualización del gran volumen de información de un proyecto de construcción, se han desarrollado varios sistemas. Una de las soluciones más versátiles consiste en la elaboración de un modelo con tecnologías actuales.

**Figura 3.1**  
**Ejemplo de Modelo de Proceso Productivo**



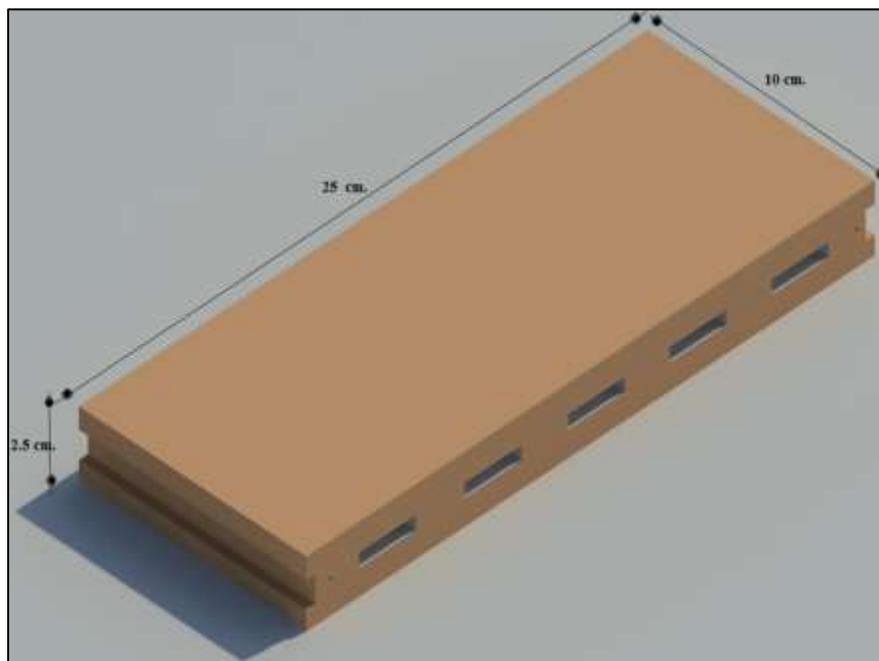
Elaboración Propia

Permite la generación de un modelo virtual de un proyecto de construcción de una forma integral, con una representación de elementos de una obra en las distintas fases del proyecto y el ciclo de vida.

La fabricación contemporánea actúa como una base de datos donde la información de construcción es almacenada; facilita a quienes pueden afectar o son afectados por las actividades del proyecto, el almacenamiento, la consulta y la comunicación de la información.

El presente trabajo propone una metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo, con la utilización de tecnologías manuales, incluyendo su proceso de fabricación.

**Figura 3.2**  
**Ejemplo de Modelo Constructivo**



Elaboración Propia

En el desarrollo del trabajo se exponen algunas de las ventajas de la elaboración de un modelo del proceso constructivo. El caso de estudio es la elaboración de una pieza cerámica para implementarla en las diferentes fachadas de las edificaciones locales, una nueva opción para minimizar costos y tiempo en la construcción.

### **3.1. EVALUACION CUALITATIVA (comisión de evaluación)**

#### **3.1.1. Definición del tipo de la investigación**

Para el presente caso de estudio “Estudio sobre envolventes cerámicas como segunda piel y su aplicación en edificaciones locales”, se realizaron los siguientes puntos:

- Recopilación de la información necesaria, a través de una investigación del medio, para conocer y determinar los objetivos.
- Determinación del grado de limitación de la propuesta.
- Conocimiento, identificación y valoración las necesidades, gustos y preferencias de los clientes dentro del área de construcción.
- Identificación de los factores favorables que permitan a la propuesta lograr las ventajas constructivas.

**Figura 3.3.**

**Tejido Cerámico**



(Flexbrick, 2016)

En el caso se toma en cuenta el estudio “Elaboración de la pieza cerámica con sus diferentes agregados: agua y arcilla para su aplicación directa y realizar un elemento prefabricado la siguiente investigación.

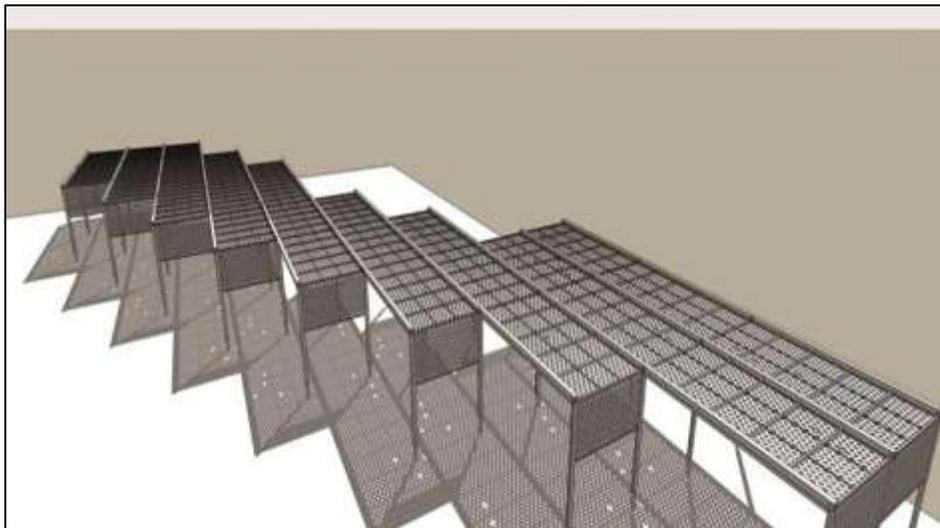
### **3.1.1.1. Experimental**

La investigación experimental está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas, que se realizan para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver.

El objetivo de este tipo de investigación, se centra en identificar la dosis y la morfología adecuada para la resistencia a impactos ambientales con un razonamiento hipotético – deductivo empleando respectivamente el diseño experimental como estrategia de control y metodología cuantitativa para analizar los datos.

**Figura 3.4.**

#### **Aplicación de Tejido Cerámico**



## **3.1.2. JUSTIFICACIONES**

### **3.1.2.1. Teórica**

Se considera necesario sentar una base teórica en la investigación señalando los principales elementos con los cuales se pretende realizar la investigación y el desarrollo de la propuesta del presente trabajo.

### **3.1.2.2. Práctica**

Los elementos planteados son respaldados teóricamente y coadyuvan al desarrollo de la investigación del presente estudio, lo cual conlleve a tomar decisiones que permitan obtener mayores para la investigación.

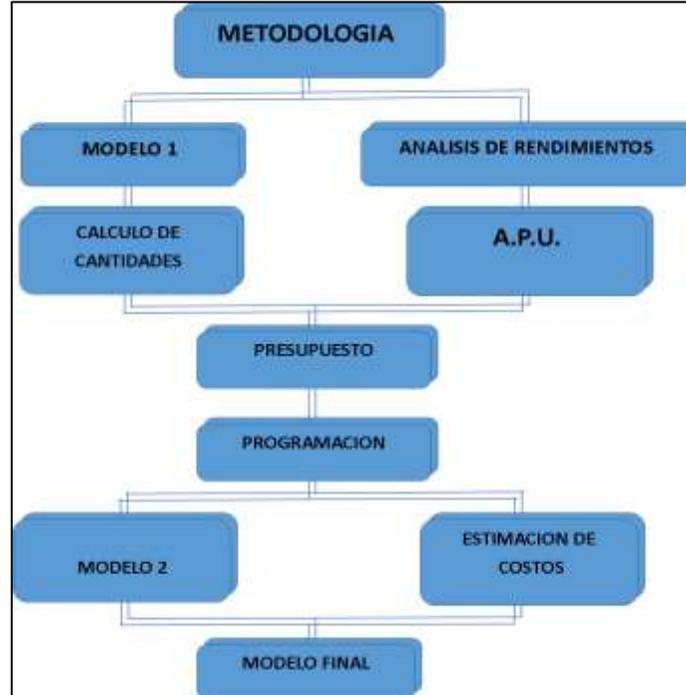
### **3.1.2.3. Metodológica**

Se considera importante dentro del desarrollo de una investigación determinar la manera correcta de plantear la metodología a utilizar, puesto que mediante la misma se podrá obtener información necesaria que permita el cumplimiento de los objetivos planteados en el trabajo. La metodología que se propuso para la elaboración de un modelo de proceso constructivo, que corresponde al modelo del proceso constructivo de un proyecto de construcción.

La metodología se divide en cuatro tareas principales:

- La primera tarea se desarrolló un modelo existente. Para el caso de estudio se utilizó un modelo real implementado en México.

**Figura 3.5.  
Metodología**



### 3.1.2.3.1. Productos Cerámicos Nuevos

Desde el punto de vista de los clientes es una adición a las alternativas disponibles en este momento. Sin embargo, para las empresas los nuevos productos son aquellos que son diferentes para las compañías y pueden incluir grandes aportes al existente, adquisiciones de productos verdaderamente originales e innovadores. Naturalmente eso también incluye las importaciones.

Es decir, se pueden distinguir tres categorías de nuevos productos:

- Productos que son realmente novedosos, es decir, productos por los cuales hay una necesidad insatisfecha y que no tienen sustitutos satisfactorios.
- Sustituciones o mejoras, o sea la reposición de productos existentes que incluyen la diferencia significativa del artículo. También puede incluir los cambios de modelo y la moda.
- Productos de imitación, que son nuevos para las empresas pero no para el mercado que los conoce.

**Figura 3.6**

**Aplicación Práctica Envoltentes Cerámicos**



Fuente: Envoltentes Cerámicos

- Como segunda tarea, se realizó la elaboración del presupuesto de construcción del proyecto.

**Tabla 3.1**  
**Análisis de Precios Unitarios**

<b>Proyecto: Estudio sobre envoltentes cerámicas como segunda piel y su aplicación en edificaciones locales</b>					
<b>Cliente: Pavel Mocosó E.</b>					
<b>Lugar: Tarija</b>					
<b>Fecha: 08/nov/2016</b>					
<b>Tipo de cambio: 6,96</b>					
N°	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
1	MODELO 1	pza	55	46,54	2.559,70
2	MODELO 2	pza	50	45,97	2.298,50
3	MODELO 3	m <sup>2</sup>	1,00	294,67	294,67
4	MURO DE LADRILLO 6H e=12cm[Jh=2cm;Jv=2cm](1:5)	m <sup>2</sup>	1,00	99,92	99,92
5	MURO DE LADRILLO 6H e=18cm[Jh=2cm;Jv=2cm](1:5)	m <sup>2</sup>	1,00	107,12	107,12
6	REVESTIMIENTO CERÁMICO	m <sup>2</sup>	1,00	158,30	158,3
7	REVESTIMIENTO DE CERAMICA	m <sup>2</sup>	1,00	206,20	206,2

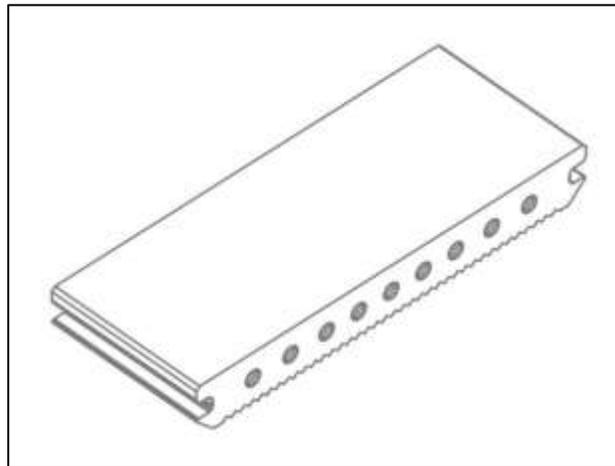
8	REVESTIMIENTO PIEDRA TARIJA	m <sup>2</sup>	1,00	237,90	237,9
9	REVESTIMIENTO TIPO LADRILLO	m <sup>2</sup>	1,00	176,88	176,88
10	MURO LADRILLO GAMBOTE (12 CM.) VISTO	m <sup>2</sup>	1,00	201,15	201,15
11	REVEST. MURO CERAMICA BRAS. 25 X 25	m <sup>2</sup>	1,00	223,16	223,16
12	REVESTIMIENTO PIEDRA TARIJA	m <sup>2</sup>	1,00	237,90	237,9
<b>Total presupuesto:</b>					<b>6.801,40</b>

Son: Siete Mil Cuatrocientos Noventa y Tres con 80/100 Bolivianos

Elaboración Propia

- En la tercera tarea se realizó el modelado del proyecto en un estudio previo sujeto al modelo de fabricación de una pieza cerámica tradicional, se vincula el orden de ejecución de las actividades de obra del proyecto (programa de obra).
- Para finalizar, en la tarea 4 se unificaron los productos de las tareas 1, 2 y 3, de esta forma se obtiene un modelo.

**Figura 3.7**  
**Modelo de Envolverte Ceramico**



Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.2.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es una planificación compendiada de lo que se debe hacer para lograr los objetivos del estudio, dado que un diseño cuidadoso del estudio es fundamental para determinar la calidad de la investigación.

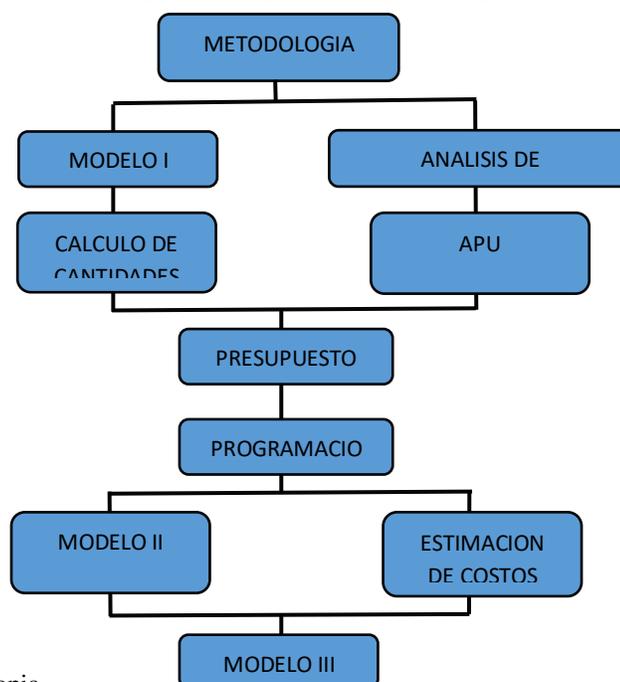
En el caso del diseño de una investigación experimental, el investigador tiene el manejo de la variable independiente, ya que puede manipularla de manera intencional; en el caso del presente proyecto se identifica como variable independiente al diseño del molde para la obtención de envoltentes cerámicos de acuerdo a las pruebas de laboratorio que se obtengan.

#### 3.1.2.4.1. Diseño metodológico experimental

De acuerdo al tema de estudio se detalla a continuación el plan a llevar a cabo para cumplir con el objetivo de estudio.

Figura 3.8

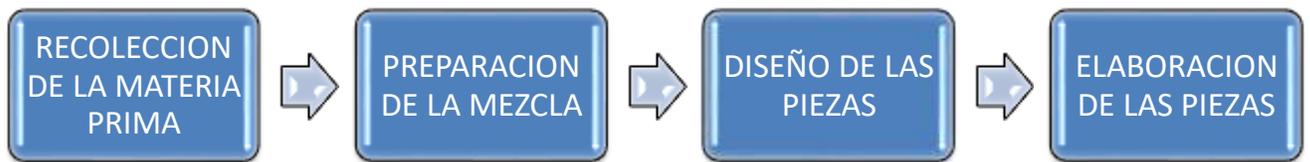
#### Mapa Conceptual Metodológico



Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.2.4.2. Desarrollo del Trabajo Planteado

Para la realización de la parte práctica del presente trabajo de investigación, se tomaron en cuenta los siguientes pasos:



Los materiales que se utilizaron en el transcurso del desarrollo:

- Arcilla
- Agua
- Prensa para Molde
- Balanza
- Cortador Artesanal
- Regla
- Alambre Galvanizado
- Tacho de Agua
- Carretilla
- Estructura Metálica
- Tornillos de Expansión

### a) Modelo I

Para el desarrollo del presente trabajo en primera instancia se trabajó en la Cerámica Paula, que tiene un tipo de producción Semi Artesanal por lo que el trabajo de selección de materia prima, y elaboración de las piezas se realizaron de forma manual como se detalla a continuación:

#### 1. Selección de la Materia Prima

Dicha Cerámica por el tipo de maquinaria que posee solo utiliza Arcilla Plástica dado que su ciclo de producción es lento, para la selección de la materia prima se realizó la selección de manera manual compactando la arcilla con la ayuda de una pala manual para obtener arcilla uniforme y proceder a su humidificación.

Uno de los ensayos que se pueden realizar es el de plasticidad de forma visual, dado que no se cuenta con ningún equipo de laboratorio.

- **% de Plasticidad**

El análisis de la plasticidad, es totalmente práctico y visual, se realiza un [colombín](#), y realizamos un anillo, viendo las grietas o fisuras que salen, y como nos ha dejado la muestra al realizar el barro o bien con una placa en la cual se le realizan marcas a 10 cm. y se comprueba la contracción y la diferencia en el peso que tenemos en comparación con el obtenido en la mezcla de la arcilla en polvo, cantidad de agua que pierde.

**Figura 3.8.**

#### **Prueba de Plasticidad**



Esta prueba se la realiza de la forma siguiente:

- Se toma una pequeña porción de la pasta preparada y se hace rodar en la palma de la mano y con la ayuda de una placa de yeso se hace rodar hasta que sea de más o menos 2 cm de espesor, dando a la masa forma de pequeños cilindros.
- Si dichos cilindros llegan a tener un diámetro menor a 3mm sin desmenuzarse se considera que hay exceso de agua, se lo lleva a deshidratar y se empieza con la operación de nuevo.
- Si los cilindros se parten antes de tener un diámetro de 3mm, se los lleva a pesada, y luego a la estufa para determinar su límite plástico
- La fórmula que se utiliza en estos casos es la siguiente:

$$LP = [(M_1 - M_2)/M_2] \times 100$$

LP = límite plástico

M<sub>1</sub> = peso masa húmeda

M<sub>2</sub> = peso masa seca

## **2. Diseño de la Pieza**

En el diseño del molde para la fabricación de los envoltentes cerámicos fue fabricado con plancha de fierro de 3 mm teniendo un torniquete para realizar la presión de compresión necesaria para compactar la masa, con dimensiones de 19 cm x 50 cm x 6 cm.

Como fue la primera prueba se observaron ciertas deficiencias con el diseño del molde como se ve la siguiente figura:

**Figura 3.9**

**Primer Molde de los Envoltentes Cerámicos**



Fuente: Elaboración Propia

Las piezas que se obtuvieron con las especificaciones que se mencionan fueron las siguientes:

**Figura 3.10**

**Primer Molde de los Envoltentes Cerámicos**



Como se puede ver en la figura anterior la pieza que se obtuvo en producto terminado es una pieza rústica, se tuvieron dificultades por el peso dado que fue de 0.87 kg constituyendo una pieza muy pesada para el tipo de estudio que se pretendía realizar.

Además de no contar con una rectitud de los lados uniforme, esto porque las mismas fueron hechas de manera manual.

#### 4. Cálculo de Cantidades

Para la elaboración del producto en la prueba piloto se realizarán 20 muestras de envoltente cerámico, con las cantidades que se detallan, por pieza:

**Tabla 3.2**  
**Cálculo de Cantidades**

		<b>Item: MODELO 1</b>			<b>Unidad: pza</b>	
		<b>Proyecto: PRESUPUESTO</b>			<b>Fecha:</b>	
					<b>Tipo de cambio: 6,96</b>	
N°	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIAL				
1	-	ARCILLA COMUN	m <sup>3</sup>	0,004	23,33	0,09332
2	-	AGUA POTABLE	m <sup>3</sup>	0,007	1,5	0,0105
						0,1038
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	0,108
	B	OBRAERO				
1	-	TECNICO EN SUELOS	Hr	0,15	15	2,25
2	-	AYUDANTE	Hr	0,15	12	1,8
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	4,05
	C	EQUIPO				
1	-	PRENSA ARTESANAL	Hr	4,00	10,00	40,00
2	-	HORNO INDUSTRIAL	Hr	0,15	15,00	2,25
	H	Herramientas menores		6,00% de	(B) =	0,24
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	42,49
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	46,54
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) =	46,54
>	Q	<b>TOTAL ITEM</b>			(N+O+P) =	<b>46,54</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>46,54</b>
		Son: Cuarenta y Seis con 54/100 Bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia

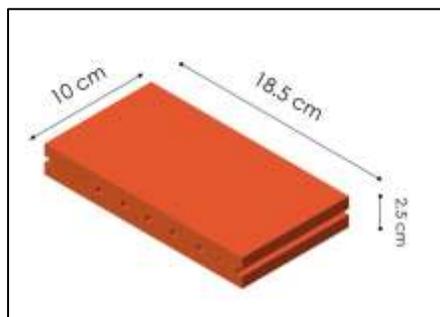
Siendo un total de 46.54 Bs por metro cuadrado que se invirtieron en la fabricación.

## 5. Análisis De Rendimientos

El envoltente cerámico a desarrollar se pretende que al contraerse en seco y cocido tenga las medidas de 19 cm x 10cm x 2.5 cm, teniendo un área de 0.25 m<sup>2</sup> con un rendimiento por metro cuadrado de 36 piezas de envoltente cerámico.

**Figura 3. 11**

**Modelo I Envoltente Cerámico**



Fuente: Elaboración Propia

Se detalla a continuación la planilla de rendimientos por metro cuadrado de los envoltentes cerámicos.

**Tabla 3.3**

**Rendimiento por Metro Cuadrado**

<b>Proyecto: Estudio sobre envoltentes cerámicas como segunda piel y su aplicación en edificaciones locales</b>						
<b>Cliente: Sin nombre</b>						
<b>Lugar: Sin determinar</b>						
<b>Fecha: 08/mar/2017</b>						
<b>Tipo de cambio: 6,96</b>						
<b>Nº</b>	<b>Mód.</b>	<b>Descripción ítem</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unit.</b>	<b>Parcial (Bs)</b>
>		« Sin asignar »				<b>0,00</b>
1	-	MODELO 1	pza	55	46,54	2.559,70

Fuente: Elaboración Propia

## 6. Análisis De Precios Unitarios

Los precios unitarios que se calcularon para poder realizar las pruebas piloto para el estudio de los envoltentes cerámicos es el siguiente:

**Tabla 3.4**  
**Análisis de Precios Unitarios**

		<b>Item: MODELO 1</b>			<b>Unidad: pza</b>	
		<b>Proyecto: PRESUPUESTO</b>			<b>Fecha: 08/sept/2016</b>	
					<b>Tipo de cambio: 6,96</b>	
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIAL				
1	-	ARCILLA COMUN	m <sup>3</sup>	0,004	23,33	0,09332
2	-	AGUA POTABLE	m <sup>3</sup>	0,007	1,5	0,0105
						0,1038
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	0,108
	B	OBRERO				
1	-	TECNICO EN SUELOS	Hr	0,15	15	2,25
2	-	AYUDANTE	Hr	0,15	12	1,8
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	4,05
	C	EQUIPO				
1	-	PRENSA ARTESANAL	Hr	4,00	10,00	40,00
2	-	HORNO INDUSTRIAL	Hr	0,15	15,00	2,25
	H	Herramientas menores		6,00% de	(B) =	0,24
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	42,49
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	46,54
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) =	46,54
>	<b>Q</b>	<b>TOTAL ITEM</b>			<b>(N+O+P) =</b>	<b>46,54</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>46,54</b>
		Son: Cuarenta y Seis con 54/100 Bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo un precio unitario de 2.32 Bs., para la fabricación de piezas de manera manual.

## 6. Presupuesto

El presupuesto para dicho trabajo se detalla a continuación:

**Tabla 3.5**  
**Presupuesto**

Item: MODELO 1		Unidad: pza				
Proyecto: PRESUPUESTO		Fecha: 08/sept/2016				
		Tipo de cambio: 6,96				
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIAL				
1	-	ARCILLA COMUN	m <sup>3</sup>	0,004	23,33	0,09332
2	-	AGUA POTABLE	m <sup>3</sup>	0,007	1,5	0,0105
						0,1038
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	0,108
	B	OBRERO				
1	-	TECNICO EN SUELOS	Hr	0,15	15	2,25
2	-	AYUDANTE	Hr	0,15	12	1,8
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	4,05
	C	EQUIPO				
1	-	PRENSA ARTESANAL	Hr	4,00	10,00	40,00
2	-	HORNO INDUSTRIAL	Hr	0,15	15,00	2,25
	H	Herramientas menores		6,00% de	(B) =	0,24
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	42,49
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	46,54
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) =	46,54
>	Q	<b>TOTAL ITEM</b>			<b>(N+O+P) =</b>	<b>46,54</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>46,54</b>
		Son: Cuarenta y Seis con 54/100 Bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia

## 7. Programación

Para el presente estudio se toman en cuenta los tiempos de producción que se tiene en la industria cerámica Tarijeña, el presente trabajo se realizará en la Cerámica Paula ubicada en

la zona de Morros Blancos, teniendo las siguientes etapas de producción y tiempo de producción:

**1. Maduración, tiempo 2 a 3 días.**

**Figura 3.12**  
**Cernido de la Arcilla**



Fuente: Elaboración Propia

**2. Humidificación, hasta una humedad de 18% aproximadamente considerando que la arcilla ingresa con un 3% de humedad.**

**Figura 3.13**  
**Humidificación de la Arcilla**



Fuente: Elaboración Propia

3. **Moldeado**, de acuerdo al producto y cantidad de piezas.

**Figura 3.14**  
**Moldeo de la pieza**



Fuente: Elaboración Propia

4. **Secado**, con 3 días de secado, con secadero al aire libre.

**Figura 3.15**  
**Secado de la Pieza**



Fuente: Elaboración Propia

5. **Cocción**, con un tiempo de cocción de 4 a 5 días cociéndolo en horno Hoffman con temperatura máxima de 1245 °C.

**Figura 3.16**  
**Cocción de la Pieza**



Fuente: Elaboración Propia

6. **Almacenaje**, de acuerdo al producto por rumas o en palets.

**Figura 3.17**  
**Cocción de la Pieza**



## **b) Modelo II**

Una vez realizada la primera prueba piloto se determinó la calidad de las piezas ya cocidas para poder compararlas con las normas de calidad que rigen en el país, y poder mejorar tanto el molde como el proceso de producción.

**Figura 3.18**

**Pieza Real Modelo II**



- **Resultados de la prueba del Modelo I**

Una vez concluida la primera prueba se realizaron los análisis técnicos dando como resultados piezas con exceso de peso, con problemas de dimensiones no uniformes, falta de rectitud de los lados, esto debido a que la prueba se realizó de manera manual en la fabricación de las piezas, por lo que se determinó realizar una nueva prueba.

### **1. Selección de la Materia Prima**

Una vez realizada la primera prueba y determinada la realización de una segunda prueba para mejorar el producto se utilizará el proceso de maduración de la arcilla plástica como materia prima.

### **a) Maduración de la Materia Prima**

Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción, hay que someterla a ciertos tratamientos de trituración, homogeneización y reposo en acopio, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas.

El reposo a la intemperie tiene, en primer lugar, la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de partículas arcillosas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, hielo, etc), favorece, además, la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones mecánicas o químicas.

**Figura 3.19**

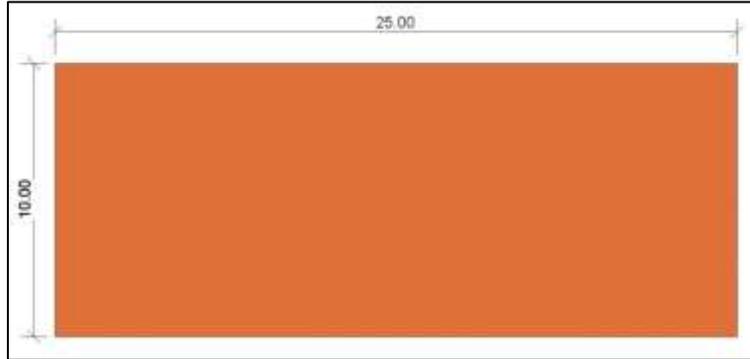
#### **Maduración de la Arcilla**



### **2. Diseño de la Pieza**

En el diseño del molde para la fabricación de los envoltentes cerámicos fue fabricado con plancha de hierro de 3 mm teniendo un torniquete para realizar la presión de compresión necesaria para compactar la masa, con dimensiones de 19 cm x 50 cm x 6 cm.

**Figura 3.20**  
**Plano del Envoltorio Cerámico**



Como fue la segunda prueba se observaron ciertas deficiencias con el diseño del molde como se ve la siguiente figura:

**Figura 3.21**  
**Modelo II**



Por lo que se determinó realizar una tercera prueba pero utilizando maquinaria industrial dado que se pudo observar en las dos pruebas anteriores que realizar las piezas de manera manual afectan directamente en la calidad del producto terminado que se va a obtener.

#### **4. Cálculo de Cantidades**

Para la elaboración del producto en la prueba piloto se realizarán 20 muestras de envoltorio cerámico, con las cantidades que se detallan:

Tabla 3.6

Cálculo de Cantidades

		<b>Item: MODELO 2</b>			<b>Unidad: pza</b>		
		<b>Proyecto: Estudio sobre envolventes cerámicas como segunda piel y su aplicación en edificaciones locales</b>			<b>Fecha: 10/NOV/201 6</b>		
					<b>Tipo de cambio: 6,96</b>		
N °	P .	Insumo/Parámetro	Und .	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)	
	A	MATERIAL					
1	-	ARCILLA COMUN2	m <sup>3</sup>	0,0050	23,33	0,1166 5	
2	-	AGUA POTABLE2	m <sup>3</sup>	0,00900	1,5	0,0135	
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	0,130	
	B	OBRERO					
1	-	TECNICO EN SUELOS2	Hr	0,13	15,00	1,95	
2	-	AYUDANTE2	Hr	0,13	12,00	1,56	
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	3,51	
	C	EQUIPO					
1	-	PRENSA ARTESANAL2	Hr	4,00	10,00	40,00	
2	-	HORNO INDUSTRIAL2	Hr	0,15	15,00	2,25	
	H	Herramientas menores		6,00% de	(B) =	0,21	
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	42,46	
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	45,97	
	N	PARCIAL			(J+K+L+M ) =	45,97	
>	Q	<b>TOTAL ITEM</b>			(N+O+P) =	<b>45,97</b>	
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>45,97</b>	
		Son: Cuarenta y Cinco con 97/100 Bolivianos					

Fuente: Elaboración Propia

Siendo un total de 45.27 Bs que se invertiría en la fabricación de las 20 primeras pruebas de elaboración de envolventes cerámicos.

## 5. Análisis De Rendimientos

El envoltente cerámico a desarrollar se pretende que al contraerse en seco y cocido tenga las medidas de 25 cm x 10cm x 2.5 cm, teniendo un área de 0.25 m<sup>2</sup> con un rendimiento por metro cuadrado de 50 piezas de envoltente cerámico.

**Tabla 3.7.**

**Pieza de Envoltente Cerámico Modelo 2**

Proyecto: Estudio sobre envoltentes cerámicas como segunda piel y su aplicación en edificaciones locales						
		Cliente: Sin nombre				
		Lugar: Sin determinar				
		Fecha: 08/mar/2017				
		Tipo de cambio: 6,96				
Nº	Mód.	Descripción ítem	Und.	Cant.	Unit.	Parcial (Bs)
>		« Sin asignar »				0,00
2	-	ENSAYO 2	pza	50	45,97	2.298,50

Fuente: Elaboración Propia

Se detalla a continuación la planilla de rendimientos por metro cuadrado de los envoltentes cerámicos.

## 6. Análisis De Precios Unitarios

Los precios unitarios que se calcularon para poder realizar las pruebas piloto para el estudio de los envoltentes cerámicos es el siguiente:

**Tabla 3.8.**

**Análisis de Precios Unitarios**

		Item: MODELO 2			Unidad: pza	
		Proyecto: Estudio sobre envoltentes cerámicas como segunda piel y su aplicación en edificaciones locales			Fecha: 10/NOV/2016	
					Tipo de cambio: 6,96	
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)

	A	MATERIAL				
1	-	ARCILLA COMUN2	m <sup>3</sup>	0,0050	23,33	0,1166 5
2	-	AGUA POTABLE2	m <sup>3</sup>	0,00900	1,5	0,0135
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	0,130
	B	OBRERO				
1	-	TECNICO EN SUELOS2	Hr	0,13	15,00	1,95
2	-	AYUDANTE2	Hr	0,13	12,00	1,56
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	3,51
	C	EQUIPO				
1	-	PRENSA ARTESANAL2	Hr	4,00	10,00	40,00
2	-	HORNO INDUSTRIAL2	Hr	0,15	15,00	2,25
	H	Herramientas menores		6,00% de	(B) =	0,21
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	42,46
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	45,97
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) ) =	45,97
>	Q	<b>TOTAL ITEM</b>			(N+O+P) =	<b>45,97</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>45,97</b>
		Son: Cuarenta y Cinco con 97/100 Bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo un precio unitario de 2.29 Bs., para la fabricación de piezas de manera manual.

## 6. Presupuesto

El presupuesto para dicho trabajo se detalla a continuación:

**Tabla 3.9**  
**Presupuesto**

		<b>Item: MODELO 2</b>		<b>Unidad: pza</b>		
		<b>Proyecto: Estudio sobre envoltentes cerámicas como segunda piel y su aplicación en edificaciones locales</b>		<b>Fecha: 10/NOV/2016</b>		
				<b>Tipo de cambio: 6,96</b>		
Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIAL				
1	-	ARCILLA COMUN2	m <sup>3</sup>	0,0050	23,33	0,11665
2	-	AGUA POTABLE2	m <sup>3</sup>	0,00900	1,5	0,0135

	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	0,130
	B	OBRERO				
1	-	TECNICO EN SUELOS2	Hr	0,13	15,00	1,95
2	-	AYUDANTE2	Hr	0,13	12,00	1,56
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	3,51
	C	EQUIPO				
1	-	PRENSA ARTESANAL2	Hr	4,00	10,00	40,00
2	-	HORNO INDUSTRIAL2	Hr	0,15	15,00	2,25
	H	Herramientas menores		6,00% de	(B) =	0,21
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	42,46
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	45,97
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) =	45,97
>	Q	<b>TOTAL ITEM</b>			(N+O+P) =	<b>45,97</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>45,97</b>
		Son: Cuarenta y Cinco con 97/100 Bolivianos				

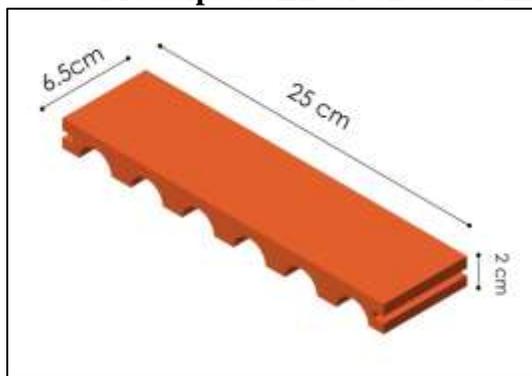
Fuente: Elaboración Propia

El costo del molde de plancha de hierro de 3mm fue cotizado en 1800 Bs; siendo un total de inversión de 2403.26 Bs para realizar las pruebas necesarias.

### c) Modelo III

Con la segunda prueba se puede mejorar los aspectos de calidad y rendimiento de la producción y realizar las pruebas de laboratorio de peso, medidas para tener un prototipo establecido.

**Figura 3.22**  
**Prototipo de Envolvente Cerámico**



Fuente: Elaboración Propia

### 3. Selección de la Materia Prima

En la fabricación de piezas cerámicas uno de los factores más relevantes es la selección de la materia prima, ya que determina la calidad de pieza que se va a obtener; la selección inicia en el yacimiento de arcilla acumulada que tiene la cerámica, donde se realizan una serie de análisis fisicoquímicos como la plasticidad y % de contracción que son factores que se utilizan para la realización de la mezcla a utilizar.

Se detallan a continuación los tipos de ensayos que se realizan:

- **% de Plasticidad**

El análisis de la plasticidad, es totalmente práctico y visual, se realiza un [colombín](#), y realizamos un anillo, viendo las grietas o fisuras que salen, y como nos ha dejado la muestra al realizar el barro o bien con una placa en la cual se le realizan marcas a 10 cm. y se comprueba la contracción y la diferencia en el peso que tenemos en comparación con el obtenido en la mezcla de la arcilla en polvo, cantidad de agua que pierde.

**Figura 3.23.**

#### **Prueba de Plasticidad**



Esta prueba se la realiza de la forma siguiente:

- Se toma una pequeña porción de la pasta preparada y se hace rodar en la palma de la mano y con la ayuda de una placa de yeso se hace rodar hasta que sea de más o menos 2 cm de espesor, dando a la masa forma de pequeños cilindros.
- Si dichos cilindros llegan a tener un diámetro menor a 3mm sin desmenuzarse se considera que hay exceso de agua, se lo lleva a deshidratar y se empieza con la operación de nuevo.
- Si los cilindros se parten antes de tener un diámetro de 3mm, se los lleva a pesada, y luego a la estufa para determinar su límite plástico
- La fórmula que se utiliza en estos casos es la siguiente:

$$LP = [(M_1 - M_2)/M_2] \times 100$$

LP = límite plástico

M<sub>1</sub> = peso masa húmeda

M<sub>2</sub> = peso masa seca

- **% Contracción Lineal**

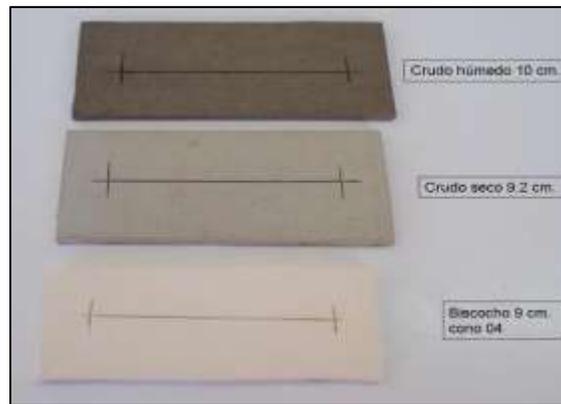
De acuerdo con Juárez y Rico (1986), en la prueba de contracción lineal se obtiene una relación de longitud. El material con humedad correspondiente al límite líquido, se coloca en un molde de 2x2x10 cm, y se introduce en un horno. En este periodo sufre una disminución de la longitud, el porcentaje de acortamiento con respecto a la longitud inicial, es la contracción lineal.

Esta prueba es más exacta ya que la variabilidad es menor que la del límite plástico. (Olivera, 1994).

$$\% \text{ Contracción Lineal} = ((\text{Long. inicial} - \text{Long. final})/\text{long. final}) * 100$$

**Figura 3.24**

**Prueba de Contracción Lineal**



**4. Mezcla a Utilizar**

Una vez realizados los ensayos que se detallaron, se procede a la tabulación de los datos ya que para seleccionar la mezcla a utilizar se realiza la toma de 3 muestras y se procede a realizar los ensayos fisicoquímicos antes mencionados, para el presente estudio se realizó la toma de muestras en los días 13 y 14 de enero de 2017, con lo que se tiene los siguientes resultados:

- Muestra N°1.

	<b>ENSAYO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MEZCLA</b>
<b>M1</b>	% De Contracción	3.8	%	2
	Límite Plástico	19.5	%	PLASTICA X 1.5 MAGRA

Fuente: Laboratorio Incerpaz, 2016

- Muestra N°2.

	<b>ENSAYO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MEZCLA</b>
<b>M2</b>	% De Contracción	4.1	%	3
	Límite Plástico	20	%	PLASTICA X 1 MAGRA

Fuente: Laboratorio Incerpaz, 2016

- Muestra N°3.

	<b>ENSAYO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MEZCLA</b>
<b>M3</b>	% De Contracción	3.6	%	2
	Límite Plástico	18.5	%	PLASTICA X 2 MAGRA

Fuente: Laboratorio Incerpaz, 2016

Dado que en el Plan de Calidad de la Cerámica Incerpaz se tiene establecido que para realizar baldosas cerámicas la arcilla debe cumplir con las siguientes especificaciones:

	<b>ENSAYO</b>	<b>REQUERIDO</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>Plan de Calidad Cerámica Incerpaz Para Baldosas Cerámicas</b>	% De Contracción	4	%
	Límite Plástico	20	%

Por lo que la M2 es la que cumple con los requerimientos, obteniendo el % de contracción lineal de 4.1%, y un Límite Plástico de 20; siendo la mezcla que se utilizó para esta prueba de 3 partes de Arcilla Plástica x 1 Parte de Arcilla Magra.

**Figura 3.25**  
**Mezcla de Arcilla**



### **5. Diseño de la Pieza**

En el diseño del molde para la fabricación de los envoltentes cerámicos fue fabricado de manera industrial ya que el ensayo fue realizado en la Cerámica Incerpaz Regional Tarija, los mismos de acuerdo al requerimiento de medidas y peso elaboraron la boquilla necesaria para realizar las pruebas del Modelo III.

Las piezas que se obtuvieron con las especificaciones que se mencionan fueron las siguientes:

**Figura 3.26**  
**Pieza Real Modelo III**



#### 4. Cálculo de Cantidades

Para la elaboración del producto en la prueba piloto se realizarán 20 muestras de envoltente cerámico, con las cantidades que se detallan:

**Tabla 3.10**  
**Cálculo de Cantidades**

		<b>Item: MODELO III</b>			<b>Unidad: m<sup>2</sup></b>	
		<b>Proyecto: Estudio sobre envoltentes cerámicas como segunda piel y su aplicación en edificaciones locales</b>			<b>Fecha:</b>	
					<b>08/mar/2017</b>	
					<b>Tipo de cambio:</b>	
					<b>6,96</b>	
<b>Nº</b>	<b>P.</b>	<b>Insumo/Parámetro</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unit. (Bs)</b>	<b>Parcial (Bs)</b>
	A	MATERIAL				
1	-	LADRILLO DE ENCHAPE	Pza	60,00	1,80	108,00
2	-	ALAMBRE GALBANIZADO N°12	Kg	0,70	14,00	9,80
3	-	PERNOS DE EXPANSION DE 4"	Pza	6,00	8,00	48,00
4	-	PERFIL ANGULAR DE 6"X4" Y e=3mm.	Pza	3,00	12,00	36,00
5	-	SUJESOR	Pza	5,00	3,00	15,00
6	-	TORNILLO DE 2"	Pza	3,00	1,00	3,00
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	219,80
	B	OBRERO				
1	-	METALURGICO	Hr	2,50	16,25	40,63
2	-	AYUDANTE METALURGICO	Hr	2,50	12,00	30,00
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	70,63
	C	EQUIPO				
	H	Herramientas menores		6,00% de	(B) =	4,24
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	4,24
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	294,67
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) =	294,67
>	Q	<b>TOTAL ITEM</b>			(N+O+P) =	<b>294,67</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>294,67</b>
		Son: Doscientos Noventa y Cuatro con 67/100 Bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia

Siendo un total de 294.67 Bs por metro cuadrado que se invirtieron en la fabricación, siendo un total de 60 piezas que se elaboraron de envoltentes cerámicos.

### 5. Análisis De Rendimientos

El envoltente cerámico a desarrollar se pretende que al contraerse en seco y cocido tenga las medidas de 19 cm x 10cm x 2.5 cm, teniendo un área de 0.25 m<sup>2</sup> con un rendimiento por metro cuadrado de 36 piezas de envoltente cerámico.

**Tabla 3.11**

#### Cálculo de Rendimiento

<b>Proyecto: Estudio sobre envoltentes cerámicas como segunda piel y su aplicación en edificaciones locales</b>					
<b>Cliente: Sin nombre</b>					
<b>Lugar: Sin determinar</b>					
<b>Fecha: 08/mar/2017</b>					
<b>Tipo de cambio: 6,96</b>					
Mód.	Descripción ítem	Und.	Cant.	Unit.	Parcial (Bs)
	<b>« Sin asignar »</b>				<b>0,00</b>
-	ENSAYO 1	pza	55	46,54	2.559,70
-	ENSAYO 2	pza	50	45,97	2.298,50
-	APLICACION 1	m <sup>2</sup>	1	294,7	294,67

Fuente: Elaboración Propia

### 6. Análisis De Precios Unitarios

Los precios unitarios que se calcularon para poder realizar las pruebas piloto para el estudio de los envoltentes cerámicos es el siguiente:

**Tabla 3.12**

#### Análisis de Precios Unitarios

	<b>Item: MODELO III</b>		<b>Unidad: m<sup>2</sup></b>		
	<b>Proyecto: Proyecto sin nombre</b>		<b>Fecha: 08/mar/2017</b>		
			<b>Tipo de cambio: 6,96</b>		

N°	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIAL				
1	-	LADRILLO DE ENCHAPE	Pza	60,00	1,80	108,00
2	-	ALAMBRE GALBANIZADO N°12	Kg	0,70	14,00	9,80
3	-	PERNOS DE EXPANSION DE 4"	Pza	6,00	8,00	48,00
4	-	PERFIL ANGULAR DE 6"X4" Y e=3mm.	Pza	3,00	12,00	36,00
5	-	SUJESOR	Pza	5,00	3,00	15,00
6	-	TORNILLO DE 2"	Pza	3,00	1,00	3,00
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	219,80
	B	OBRERO				
1	-	METALURGICO	Hr	2,50	16,25	40,63
2	-	AYUDANTE METALURGICO	Hr	2,50	12,00	30,00
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	70,63
	C	EQUIPO				
	H	Herramientas menores		6,00% de	(B) =	4,24
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	4,24
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	294,67
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) =	294,67
>	Q	<b>TOTAL ITEM</b>			(N+O+P) =	<b>294,67</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>294,67</b>
		Son: Doscientos Noventa y Cuatro con 67/100 Bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia

Obteniendo un precio unitario de 1.80 Bs., para la fabricación de piezas de manera industrial.

## 6. Presupuesto

El presupuesto para dicho trabajo se detalla a continuación:

**Tabla 3.13**  
**Presupuesto**

		<b>Item: MODELO III</b>			<b>Unidad: m<sup>2</sup></b>	
		<b>Proyecto: Proyecto sin nombre</b>			<b>Fecha:</b> <b>08/mar/2017</b>	
					<b>Tipo de cambio:</b> <b>6,96</b>	
N°	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIAL				
1	-	LADRILLO DE ENCHAPE	Pza	60,00	1,80	108,00
2	-	ALAMBRE GALBANIZADO N°12	Kg	0,70	14,00	9,80
3	-	PERNOS DE EXPANSION DE 4"	Pza	6,00	8,00	48,00
4	-	PERFIL ANGULAR DE 6"X4" Y e=3mm.	Pza	3,00	12,00	36,00
5	-	SUJESOR	Pza	5,00	3,00	15,00
6	-	TORNILLO DE 2"	Pza	3,00	1,00	3,00
	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	219,80
	B	OBRERO				
1	-	METALURGICO	Hr	2,50	16,25	40,63
2	-	AYUDANTE METALURGICO	Hr	2,50	12,00	30,00
	G	TOTAL MANO DE OBRA			(B+E+F) =	70,63
	C	EQUIPO				
	H	Herramientas menores		6,00% de	(B) =	4,24
	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	4,24
	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	294,67
	N	PARCIAL			(J+K+L+M) =	294,67
>	Q	<b>TOTAL ITEM</b>			(N+O+P) =	<b>294,67</b>
>		<b>PRECIO ADOPTADO:</b>				<b>294,67</b>
		Son: Doscientos Noventa y Cuatro con 67/100 Bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia

Necesitando para el desarrollo experimental un costo total de 387.18 Bs para el desarrollo de los tres modelos experimentales representado 100 piezas en total; para poder obtener un producto dentro de las especificaciones y normativas correspondientes.

El costo del molde de plancha de hierro de 3mm fue cotizado en 1800 Bs; la boquilla fabricada en la Cerámica Incerpaz fue de 3000 Bs dado que será utilizada de manera industrial.

**Tabla 3.14**

**Resumen Costo Unitario**

<b>Proyecto: Estudio sobre envoltentes cerámicas como segunda piel y su aplicación en edificaciones locales</b>					
<b>Cliente: Sin nombre</b>					
<b>Lugar: Sin determinar</b>					
<b>Fecha: 08/mar/2017</b>					
<b>Tipo de cambio: 6,96</b>					
Mód.	Descripción ítem	Und.	Cant.	Unit.	Parcial (Bs)
	<b>« Sin asignar »</b>				<b>0,00</b>
-	ENSAYO 1	m <sup>2</sup>	55	46,54	2.559,70
-	ENSAYO 2	m <sup>2</sup>	50	45,97	2.298,50
-	APLICACION 1	m <sup>2</sup>	1	294,7	294,67

Elaboración Propia

Se aprecia en la tabla anterior el costo por metro cuadrado de los tres Modelos desarrollados, donde se puede observar que en los dos primeros modelos el precio es de 46 Bs aproximadamente mientras que en el modelo III se tiene un precio por metro cuadrado de 294.67 Bs debido a que las piezas fueron realizadas de manera industrial y se debe considerar gastos operativos que incrementan el costo de la misma pero que cumple con las condiciones de calidad requeridas para cumplir con el objetivo planteado.

**d) Fabricación del Tejido**

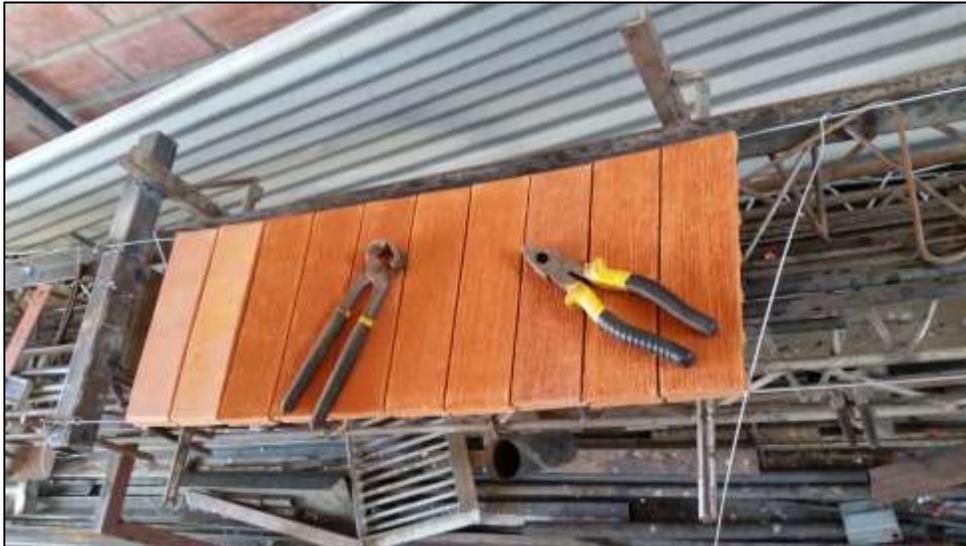
Una vez realizadas las piezas cerámicas y que hayan cumplido con los requisitos de calidad que se necesitan se procede a la fabricación del Tejido Cerámico con las piezas obtenidas en el Modelo III, como se detalla:

**1. Colocación de las Piezas con Alambre Galvanizado**

Para la fabricación del Tejido Cerámico se procede en primer lugar a colocar las piezas juntas con alambre galvanizado:

**Figura 3.27**

**Tejido de Alambre Galvanizado a Piezas Cerámicas**



Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la figura se colocan las piezas en fila y por la ranura lateral que tienen dichas piezas se pasa el alambre galvanizado para proceder al tejido de las piezas y que puedan ser utilizadas en su conjunto:

**Figura 3.28**

**Tejido de Alambre Galvanizado a Piezas Cerámicas**



Elaboración Propia

## 2. Obtención de la primera tira de Tejido Cerámico

El patrón escogido para realizar el Tejido Cerámico consta de 30 piezas por tira de Tejido Cerámico por lo que la colocación del alambre galvanizado se realizó con dicha cantidad de piezas, como se ve en la siguiente figura:

**Figura 3.29**

**Tira de Tejido Cerámico**

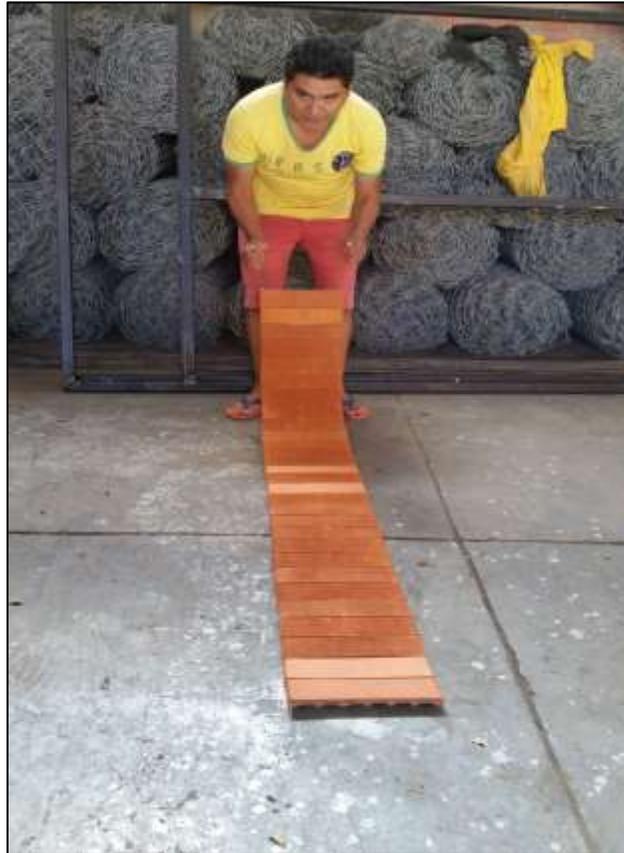


Elaboración Propia

Como se puede apreciar en los extremos del Tejido Cerámico se dejan trozos del alambre utilizado para que sirvan para asegurar a la estructura metálica.

**Figura 3.30**

**Alambre Galvanizado en el Tejido Cerámico**



Elaboración Propia

**3. Colocado de las Tiras de Tejido Cerámico en la Estructura Metálica**

Una vez terminadas las 4 tiras que se plantearon realizar para obtener 2 metros cuadrados de Tejido Cerámico, se procede a colocarlas de manera individual en la estructura metálica

que simula la aplicación al muro de una construcción como se puede apreciar en la siguiente figura:

**Figura 3.31**

**Armado del Tejido Cerámico en la Estructura Metálica**



Elaboración Propia

Las tiras de Tejido Cerámico se colocan una al lado de la otra, semejante a una cortina.

**Figura 3.32**

**Cortina de Tejido Cerámico**



Elaboración Propia

### e) Detalles técnicos del Tejido

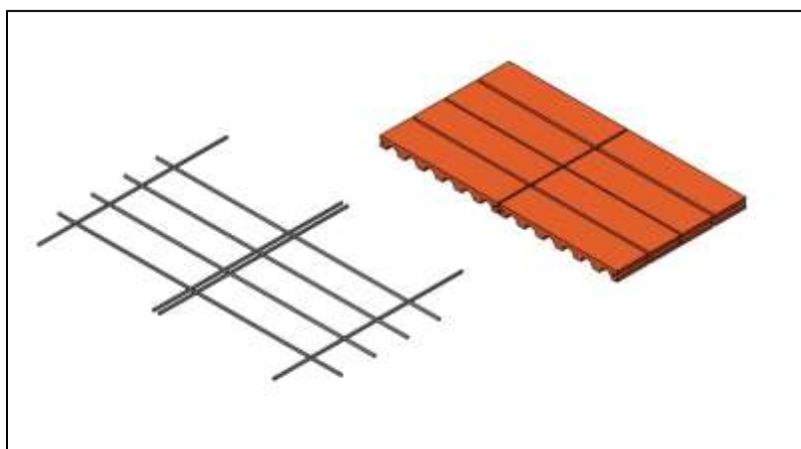
Los Tejidos Cerámicos brindan nuevas opciones de diseño al momento de realizar la construcción de una vivienda o edificio, por lo que brindan un sinnúmero de opciones de Tejido, a continuación se muestra a detalle el proceso de Tejido de las piezas.

#### 1. Componentes del Tejido Cerámico

Como se aprecia en la figura ambos materiales se unen para formar un Tejido Cerámico, como se explicó anteriormente obtenidas las piezas cerámicas junto con el alambre galvanizado N° 12, se procede a su Tejido de acuerdo al patrón elegido.

**Figura 3.33**

**Elementos del Tejido Cerámico**

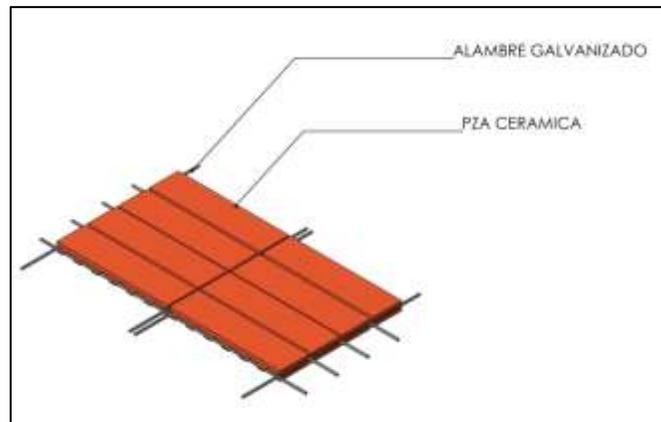


Elaboración Propia

Las piezas cerámicas Tejidas son colocadas de manera individual, para que si una pieza se llegara a romper se puede realizar el cambio por otra pieza nueva solo retirando la dañada.

**Figura 3.34**

**Elementos del Tejido Cerámico**



Elaboración Propia

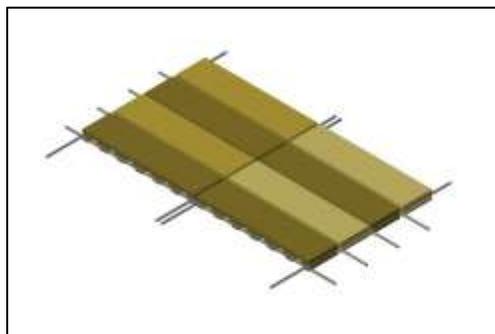
La imagen anterior muestra a detalle el proceso de Tejido de la pieza cerámica con el alambre galvanizado.

**2. Color a las Piezas Cerámicas**

Entre las opciones que presentan las Piezas Cerámicas está el poder cambiar el color de las mismas de acuerdo al requerimiento de los clientes, esto debido a que las piezas cerámicas cocidas tienen la propiedad de absorber el color que se desee si son pinturas compatibles con la cerámica, como se observa en la figura siguiente:

**Figura 3.35**

**Cambio de Color del Tejido Cerámico**



Elaboración Propia

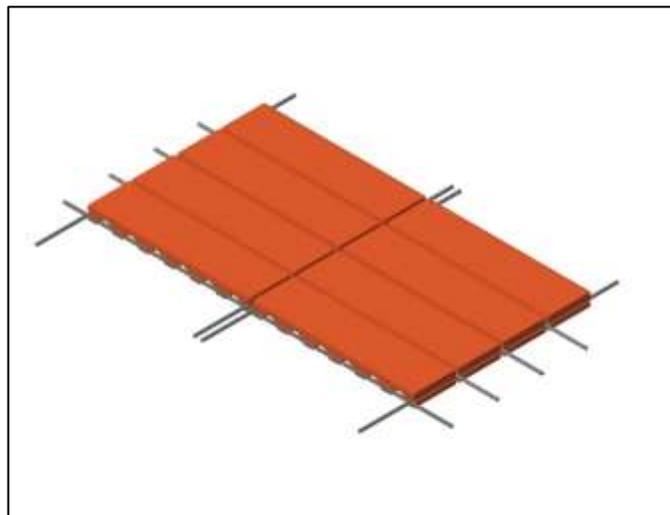
Como se muestra se puede tener una infinidad de colores y tonos al momento del diseño del Tejido Cerámico brindando muchas opciones para los clientes que deseen este tipo de característica.

### **3. Textura del Tejido Cerámico**

Al igual que en la selección del color de las piezas, se puede realizar el texturado de las mismas para brindar otras opciones de diseño, según el patrón que se elija para realizar la construcción del mismo.

**Figura 3.36**

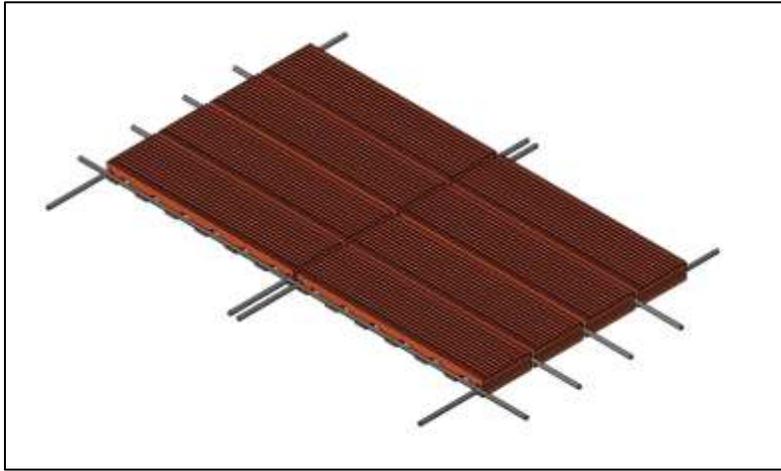
**Textura del Tejido Cerámico**



Elaboración Propia

Como se aprecia en la figura se puede realizar al momento del moldeado de la pieza según el tipo de diseño que se realice esto para brindar una diferente percepción visual del Tejido Cerámico.

**Figura 3.37**  
**Textura del Tejido Cerámico**



Elaboración Propia

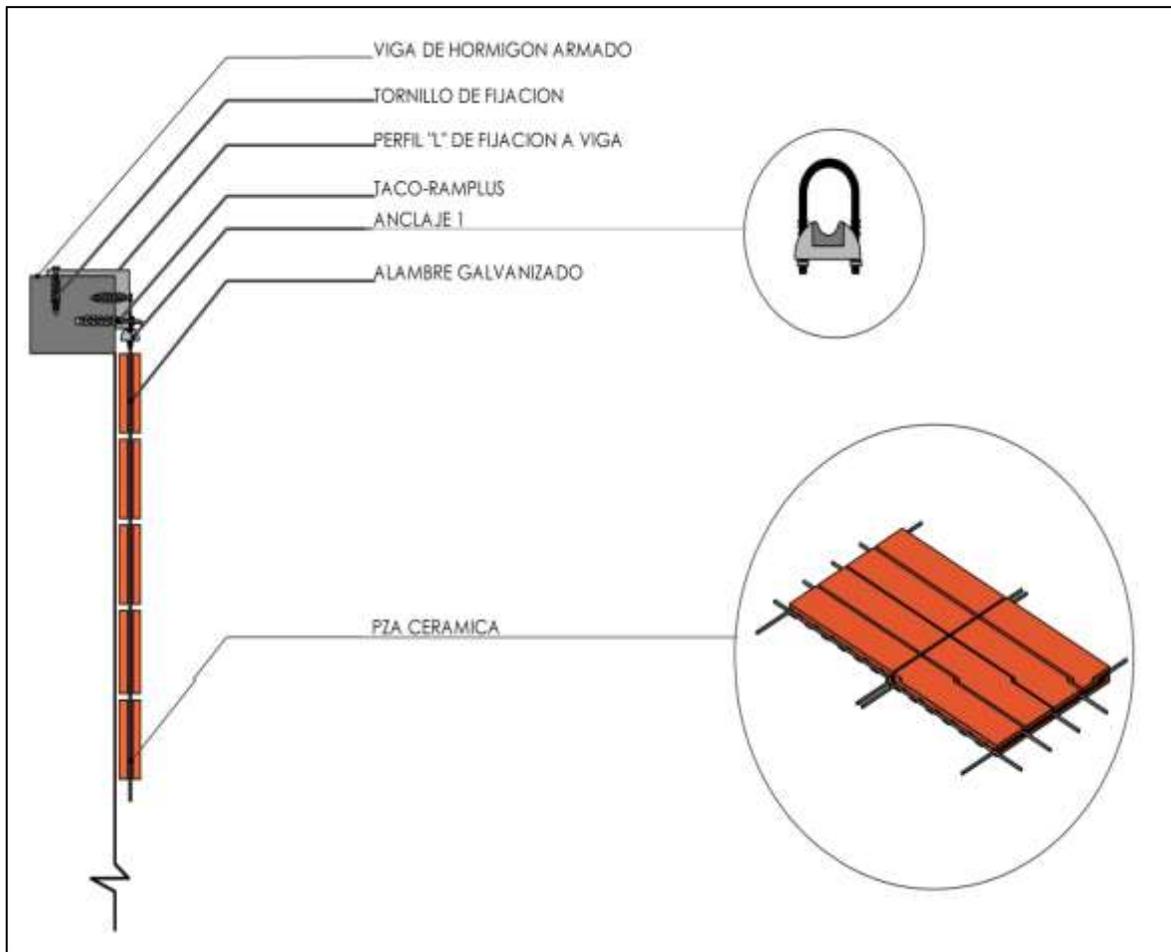
### **c) Detalles Constructivos**

#### **1. Detalles Constructivos Generales**

A continuación se muestran los detalles constructivos que se tienen en los Tejidos Cerámicos que se han realizado en el presente estudio:

**Figura 3.38**

**Detalle Constructivo General**



Elaboración Propia

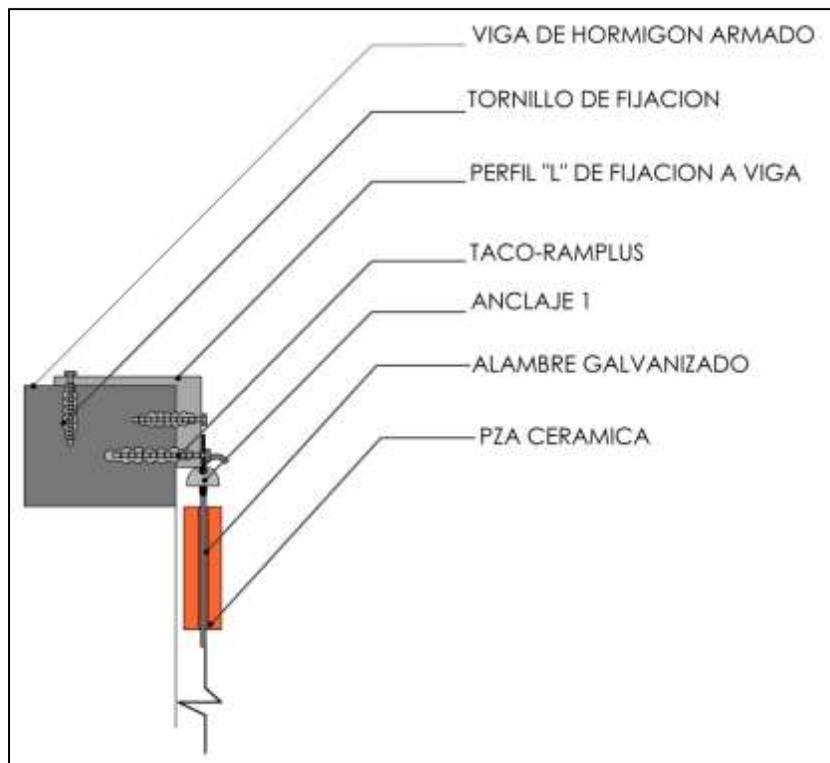
La figura muestra la aplicación de los Tejidos Cerámicos, empotrados al muro objetivo y se detalla cada material utilizados.

**2. Detalles Constructivos de la Viga**

A continuación se muestran los detalles constructivos de las vigas una vez que se han aplicado los Tejidos Cerámicos, como se detalla:

**Figura 3.39**

**Detalle Constructivo de la Viga**



Elaboración Propia

**3.1.2.4.3. Selección de la Muestra de Estudio**

- **Determinación del Tamaño de la Muestra**

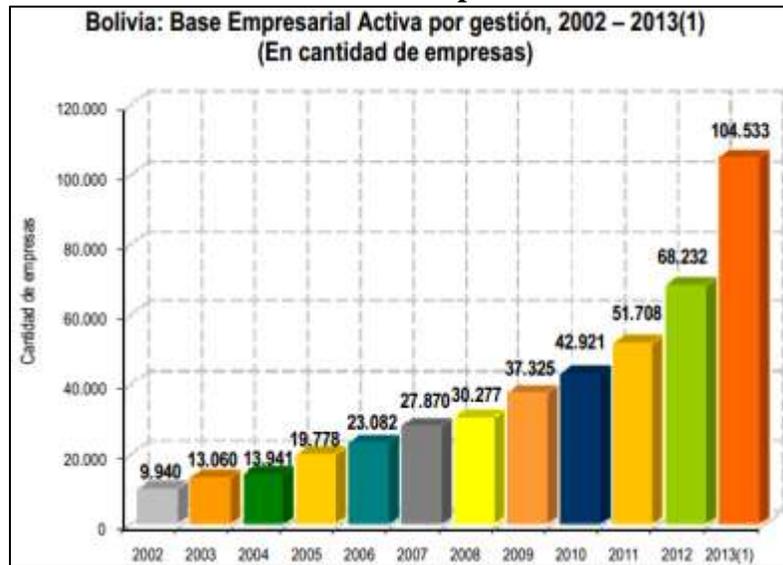
Se utilizará la técnica del muestreo no probabilístico por juicio de expertos, no se encuentran datos que determinen la cantidad exacta de empresas constructoras establecidas en la ciudad de Tarija, por ello se tomó en cuenta a empresas que fabriquen productos similares.

Se llevaron a cabo encuestas dirigidas a empresas constructoras y entrevistas estructuradas a 3 contratistas y 3 arquitectos.

- **Recolección de datos**

A continuación se muestra el resultado de la tabulación de las encuestas realizadas.

**Figura 3.40**  
**Estadística de la Base Empresarial Activa en Bolivia**



Fuente: Ine, 2014

Se puede observar que un 97 % de las empresas se dedica a la construcción de edificaciones, casi la totalidad de las empresas encuestadas tienen el potencial para utilizar materiales cerámicos, por lo que denota una gran oportunidad para las empresas dedicadas a la industria de la producción de cerámicas.

Todas las empresas encuestadas utilizan el ladrillo de seis huecos, seguidos en importancia se encuentra la teja colonial que es utilizada en el 76 % de las empresas y por último el ladrillo gambote que se utiliza en el 31 % de las empresas, se puede observar que las empresas constructoras no utilizan gran variedad de productos sino que se concentran en dos o tres tipos de materiales cerámicos.

El promedio se obtiene que la mayor cantidad demanda por las constructoras se encuentra en los ladrillos de seis huecos con una media de aproximadamente de cincuenta mil ladrillos anuales por cada empresa, en segundo lugar se encuentra el ladrillo gambote con

un promedio por empresa de casi cuarenta mil unidades al año, los demás tipos de materiales cerámicos son utilizados en cantidades menores.

Todas las empresas prefieren materiales de primera calidad en todos los tipos de cerámica, la exigencia de las empresas constructoras parece ser alta, por lo que las productoras de cerámica tienen que tener un nivel competitivo que puedan satisfacer a las constructoras, la elección de las empresas constructoras también pueden indicar que los estándares de calidad de las productoras de cerámica no son tan buenos no dejando elección a las constructoras más que decidirse solo por la primera calidad indicando que los materiales de segunda y tercera no son aceptables de ninguna manera.

Existen tres proveedores de cerámica que se destacan entre los demás, INCERPAZ, SAN LUIS y GUADALQUIVIR de los tres INCERPAZ es el que la mayoría de las constructoras encuestadas utilizan.

El precio de los materiales cerámicos es considerado como un aspecto muy importante, el 41 % de las constructoras lo considera de esta manera, algo destacable es que ninguna de las constructoras considera al precio como poco importante, por lo que la variable precio es considerada una de las más importantes en la industria de la cerámica, siendo los sistemas de economía de escala vitales para el éxito de este rubro.

La durabilidad de los materiales es muy importante, considerado de esta manera un 76 % por los encuestados, este aspecto es indiscutible, el prestigio de una empresa constructora muchas veces se centra en la durabilidad y confianza de sus construcciones, este atributo podría utilizarse en el posicionamiento y en la variable comunicación de la empresa.

El tiempo de entrega es considerado muy importante en un 72 %, a la vez ninguna constructora considera poco o nada importante el tiempo de entrega, el tiempo de entrega también se puede traducir en responsabilidad y confianza, los materiales cerámicos que quieran tener un nivel competitivo con las grandes empresas pueden concentrarse en principio en este atributo para poder ir ganando mercado.

A las constructoras les parece indiferente la forma de entrega, esto significa que tanto ir a la fábrica a recoger el material como que la cerámica lleve el material al lugar donde la

constructora lo requiera es prácticamente lo mismo debido a que la mayoría de las constructoras tienen el medio de transporte propio para llevar el material de construcción. Aunque este atributo debe combinarse con el tiempo de entrega para tener un servicio de entrega eficiente ya sea si es que hay que llevar el producto o se entregue en la misma fábrica.

En el asesoramiento las respuestas son muy variadas esto puede ser debido a que las constructoras tienen diferentes grados de conocimiento de los materiales cerámicos, pero generalmente se considera que las constructoras tienen que tener gran conocimiento de los materiales que necesitan, por lo tanto la mayoría de las veces estas empresas saben lo que quieren, el asesoramiento no parece ser un atributo valorable para tomar en cuenta a por lo menos para darle prioridad.

# **CAPÍTULO IV**

## **RESULTADOS Y ANÁLISIS**

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos en los diferentes análisis que se realizaron para cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación.

#### 4.1. Datos Obtenidos de las mediciones de las piezas

El análisis de los datos obtenidos, en los tres modelos analizados son los siguientes:

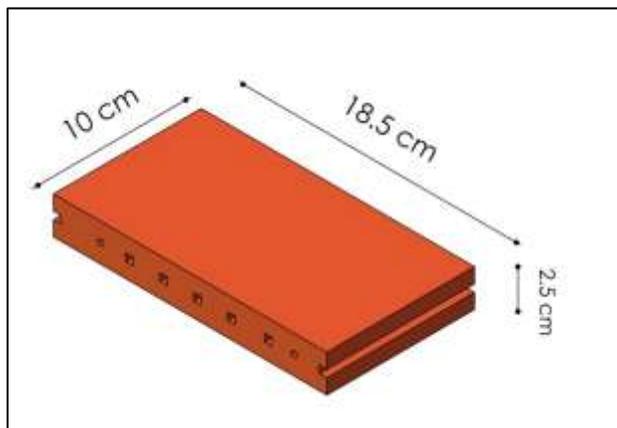
##### 1. Medidas de las Piezas Obtenidas

###### a) Modelo I

Al momento de obtener las piezas cocidas se procedió a la medición de las piezas que se obtuvieron:

**Figura 4.1.**

**Plano de Medidas Modelo I**



Elaboración Propia

La medición se realizó con una regla metálica de 30cm, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 4.1.**

**Resultados obtenidos de la Medición de las Piezas Modelo I**

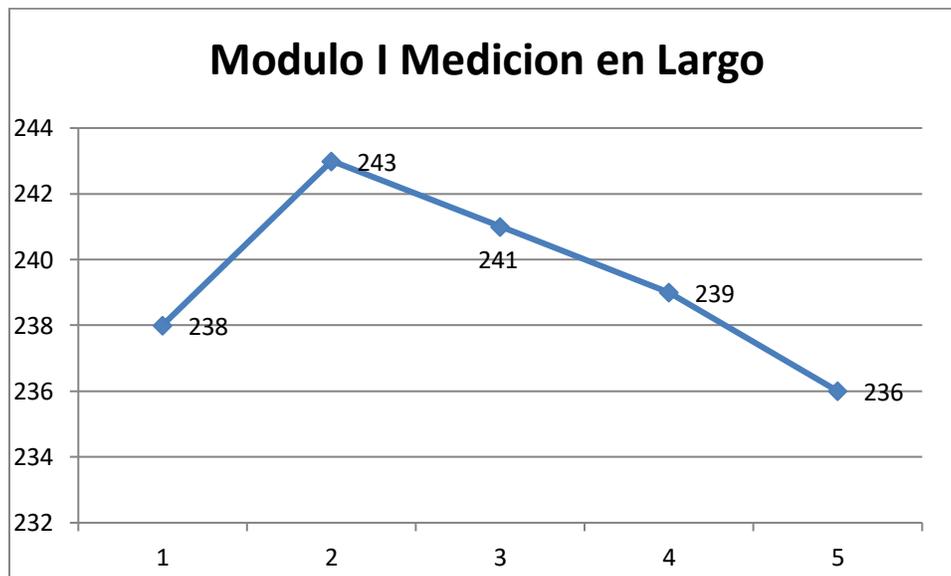
<b>N°</b>	<b>Detalle</b>	<b>Largo</b>	<b>Alto</b>	<b>Ancho</b>	<b>Unidad</b>
<b>1</b>	Modelo I	190	24	97	Mm
<b>2</b>	Modelo I	185	25.5	103	Mm
<b>3</b>	Modelo I	184	23	99	Mm
<b>4</b>	Modelo I	188	26	105	Mm
<b>5</b>	Modelo I	192	27	101	Mm

Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, las medidas tanto en el largo, alto y ancho tienen variaciones importantes entre las piezas determinando que al realizar la fabricación de las piezas no se cuenta con una uniformidad de las mismas.

La siguiente figura muestra la gráfica de las mediciones del largo de las piezas que se obtuvieron del Modelo I:

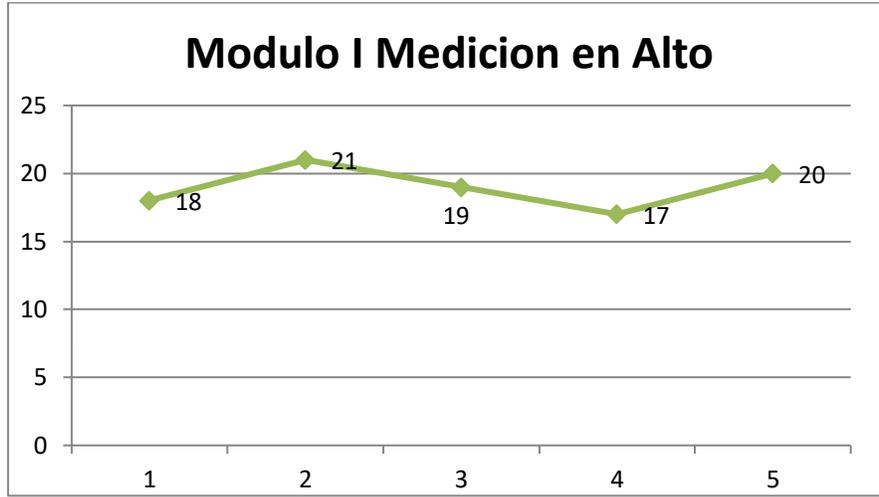
**Figura 4.2.**



La figura muestra la variación en las medidas del largo que se tuvo para las piezas del Modelo I.

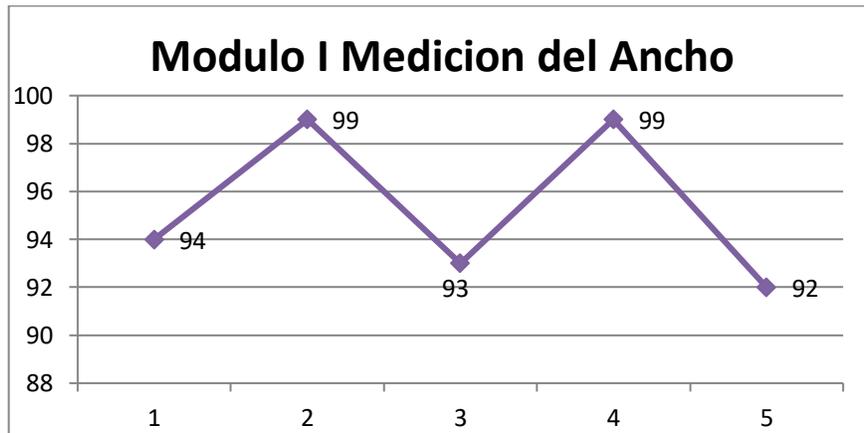
A continuación se muestra la gráfica de la medición de la altura de las piezas.

Figura 4.3.



Como se observa las dimensiones tomadas del alto de las piezas cocidas existen al igual que en la medición del largo de las piezas gran variación; siendo que todas las piezas medidas fueron producidas al mismo tiempo, con lo que se puede concluir que se debe realizar una segunda prueba para determinar si se cumplen con las especificaciones requeridas.

Figura 4.4.



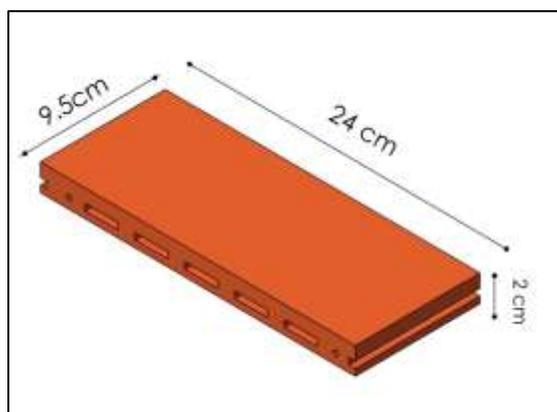
Las figuras que se obtienen tras realizar la medición de las piezas del Modelo I, determinan que existe gran variación entra las mismas por lo que de manera clara se muestra que las piezas no son uniformes, como se ve en la figura que muestra el ancho que varía de la misma manera.

**b) Modelo II**

La segunda prueba que se realizó para las piezas cerámicas, presentaron las mismas variaciones que la primera prueba, esto porque se siguió elaborando las piezas de manera manual.

**Figura 4.4.**

**Plano de Medidas Modelo II**



Elaboración Propia

La medición se realizó con una regla de 30cm, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 4.2.**

**Resultados obtenidos de la Medición de las Piezas Modelo II**

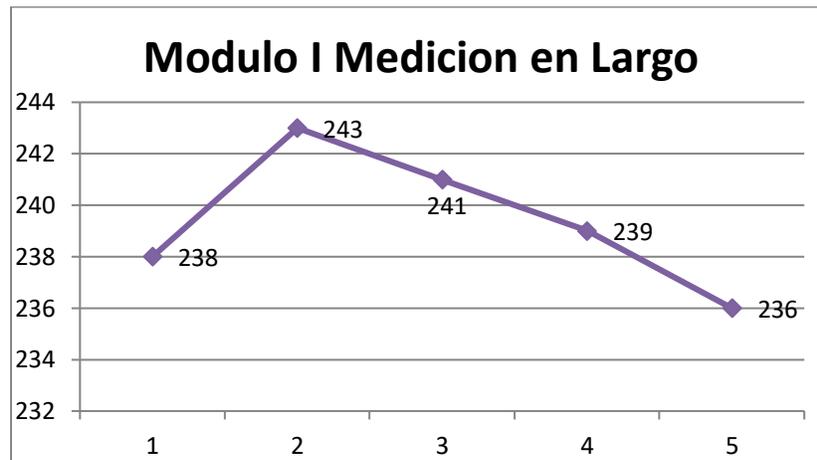
<b>Nº</b>	<b>Detalle</b>	<b>Largo</b>	<b>Alto</b>	<b>Ancho</b>	<b>Unidad</b>
<b>1</b>	Modelo I	238	18	94	Mm
<b>2</b>	Modelo I	243	21	99	Mm
<b>3</b>	Modelo I	241	19	93	Mm
<b>4</b>	Modelo I	239	17	99	Mm
<b>5</b>	Modelo I	236	20	92	Mm

Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, las medidas tanto en el largo, alto y ancho tienen variaciones importantes entre las piezas determinando que al realizar la fabricación de las piezas no se cuenta con una uniformidad de las mismas.

La siguiente figura muestra la gráfica de las mediciones del largo de las piezas que se obtuvieron del Modelo II:

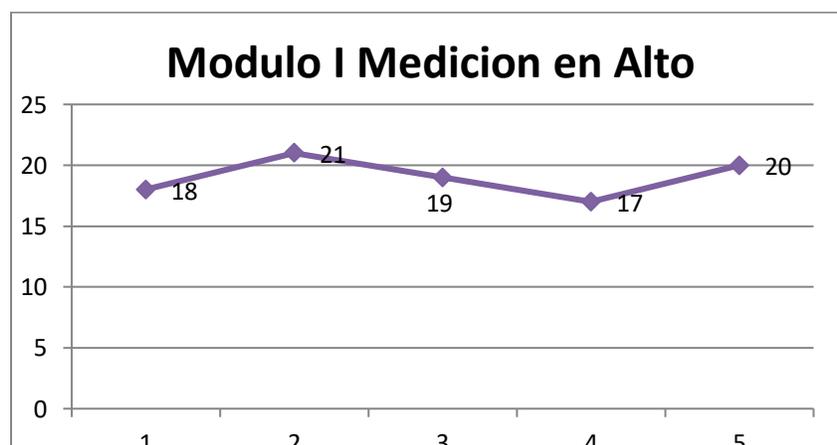
**Figura 4.5.**



Como se puede apreciar en la figura anterior siguen existiendo las mismas variaciones en las longitudes del largo de las piezas.

A continuación se muestra la gráfica del alto de las piezas:

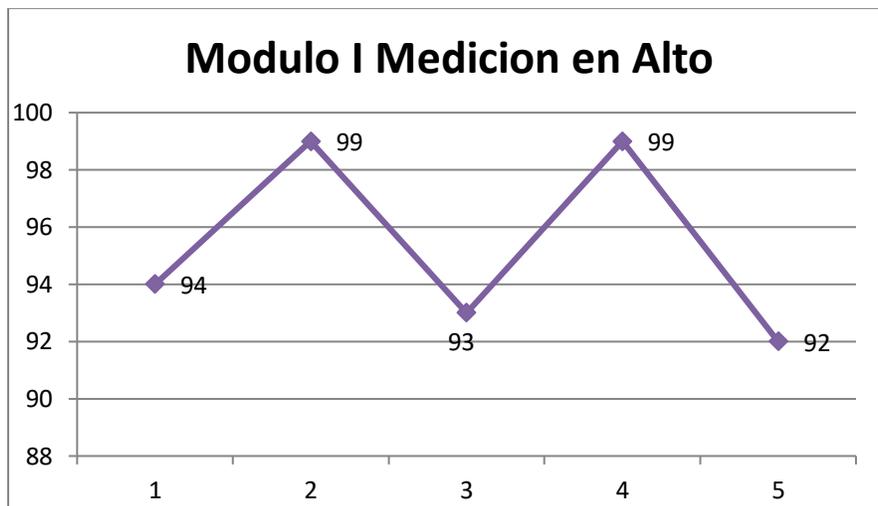
**Figura 4.6.**



Donde se puede apreciar que existen todavía variaciones en las mediciones realizadas.

Las mediciones del Ancho presentaron las mismas variaciones.

**Figura 4.7**



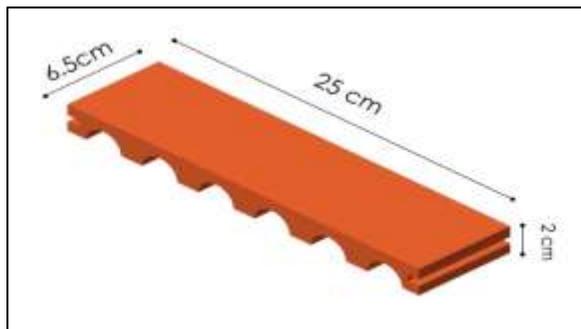
Con los datos anteriores de dos pruebas de los modelos propuestos se puede concluir que se requiere para obtener uniformidad en las piezas que estas sean fabricadas en un proceso industrial y no de manera manual.

**c) Modelo III**

Concluidas las observaciones de las dos primeras pruebas de los Modelos I y II respectivamente se concluyó buscar un proceso de fabricación que realice todo el proceso de manera industrial, con el objetivo de uniformar las piezas en sus medidas y características físicas.

**Figura 4.8**

**Plano de Medidas Modelo III**



Elaboración Propia

La medición se realizó con una regla de 30cm, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 4.3.**

**Resultados obtenidos de la Medición de las Piezas Modelo III**

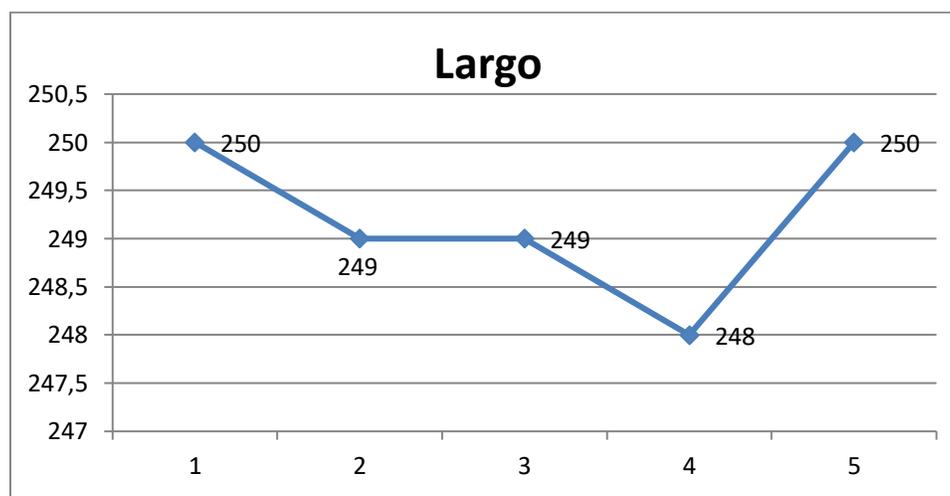
N°	Detalle	Largo	Alto	Ancho	Unidad
1	Modelo I	250	20	65	Mm
2	Modelo I	249	19.5	66	Mm
3	Modelo I	249	19.5	66	Mm
4	Modelo I	249.5	20	66	Mm
5	Modelo I	250	20	66	Mm

Elaboración Propia

En la tabla anterior se aprecian las medidas de las piezas que fueron realizadas en la cerámica Incerpaz, de acuerdo al requerimiento que se necesitaba para cumplir con el proyecto planteado.

La medición de se realizó al largo de la pieza tuvo los siguientes resultados:

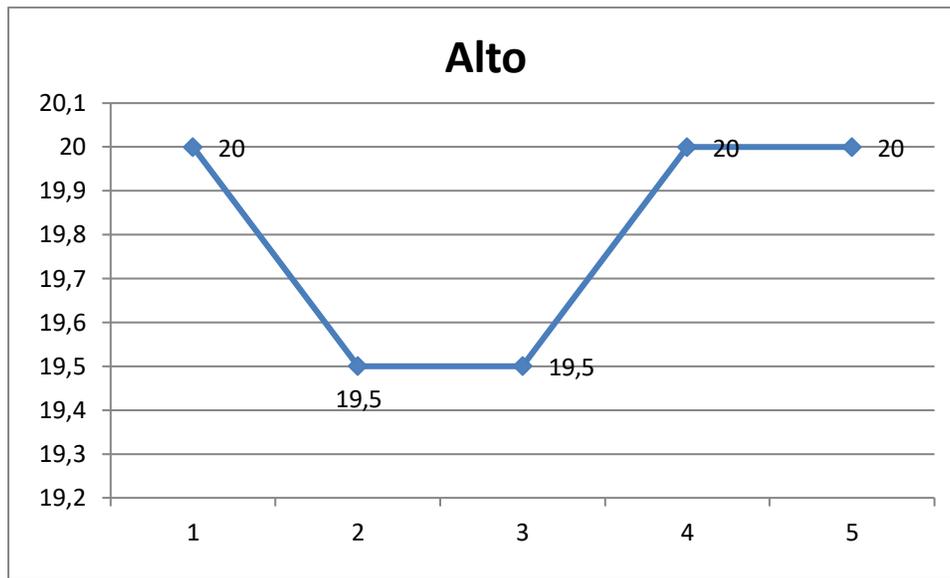
**Figura 4.9**



Como se puede apreciar en la figura anterior, con la realización de las piezas de manera industrial se mejoró la calidad de la pieza que se pretende obtener, existiendo variaciones mínimas de medidas entre ellas, proporcionando la pieza que se necesitaba encontrar

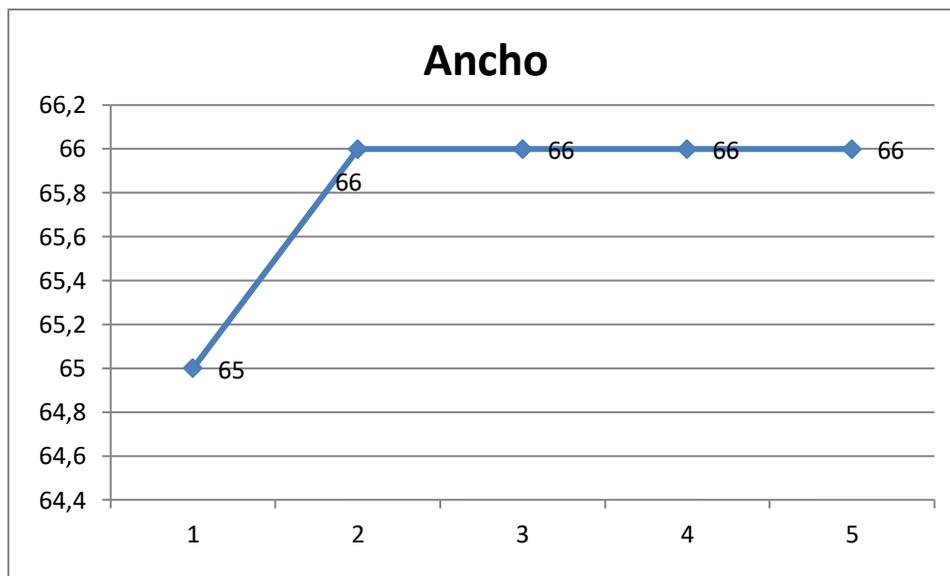
Las mediciones del Alto de las piezas tuvieron los siguientes resultados.

**Figura 4.10**



Como se aprecia en la figura anterior no existen grandes cambios de medida de una pieza a otra fabricada al mismo tiempo.

**Figura 4.11**



Sucede lo mismo en las mediciones del ancho de las piezas del Modelo III, por lo que se determina que esta es la mejor opción.

## 2. Peso de las Piezas Obtenidas

El peso como parámetro para la selección de las piezas a utilizar es muy importante dado que, de este se determinan las condiciones para poder obtener tejidos que no sean demasiados pesados y perjudiquen la función que cumple los Tejidos Cerámicos.

### a) Modelo I

Una vez realizadas las pruebas de medición se procede a tomar el peso de las piezas de los diferentes modelos, para el Modelo I se tuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 4.4**

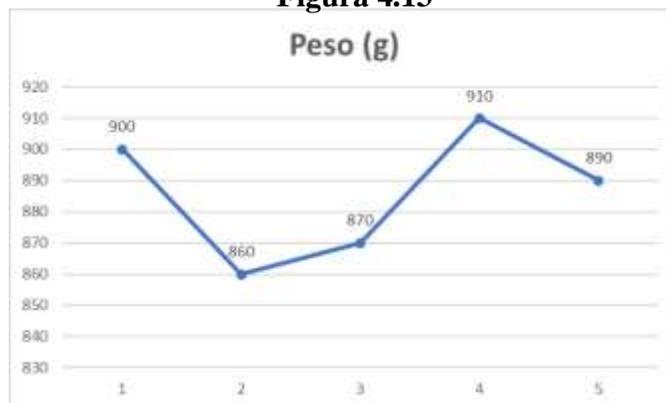
**Resultados obtenidos del Peso de las Piezas Modelo I**

N°	Destalle	Peso	Unidad
1	MODELO I	900	g
2	MODELO I	860	g
3	MODELO I	870	g
4	MODELO I	910	g
5	MODELO I	890	g

Elaboración propia

Se observa en la tabla anterior que de las mismas variaciones que existían en las dimensiones pasan al realizar la medición del peso, esto porque al realizar las piezas de manera manual no existe uniformidad en su conformación

**Figura 4.13**



Se puede observar que las piezas obtenidas tienen un peso mayor al que se necesita dado que el tejido se realiza con alambre galvanizado que se encuentra solo en las ranuras imposibilitando soportar el peso que se tuvo en las piezas del modelo I.

a) Modelo II

Las mediciones realizadas para el segundo Modelo, tiene las mismas características del peso del Modelo I, por las condiciones ya explicadas.

Los datos obtenidos son los siguientes:

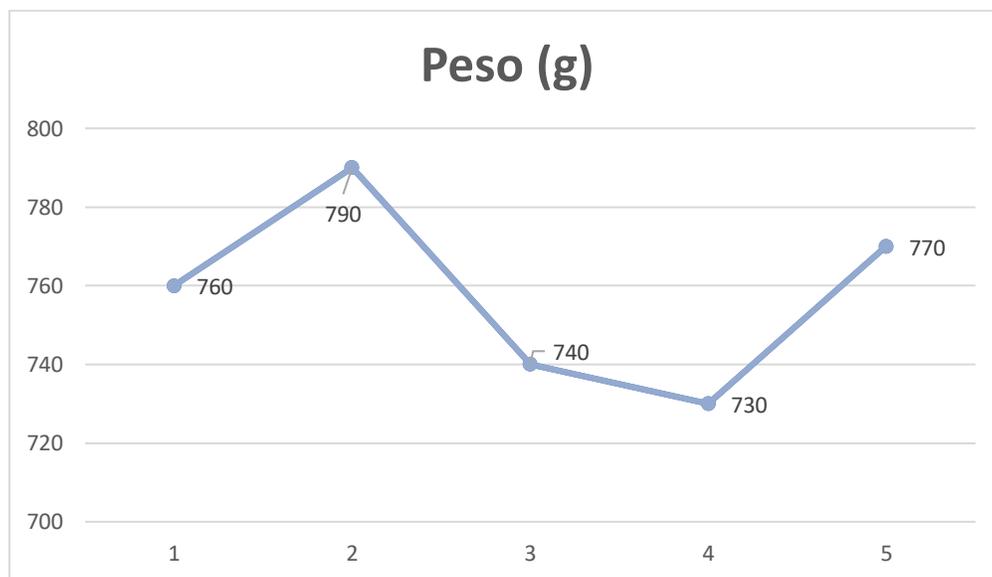
**Tabla 4.5**  
**Resultados obtenidos del peso de las Piezas Modelo II**

N°	Detalle	Peso	Unidad
1	Modelo I	760	g
2	Modelo I	790	g
3	Modelo I	740	g
4	Modelo I	730	g
5	Modelo I	770	g

Elaboración Propia

Con los resultados del pasaje se tiene la siguiente gráfica:

**Figura 4.14**



Encontrando los mismos resultados y conclusiones que en el Modelo I, por lo que se necesita realizar otra prueba utilizando un proceso cerámico industrial para conseguir uniformidad de las piezas cerámicas que se pretenden fabricar.

**a) Modelo III**

En las mediciones de peso con las pruebas del modelo III, se encuentra de manera notoria por el peso de las piezas han disminuido de manera considerable esto porque se pretendía reducir la carga que tendrían que soportar los alambres galvanizados que están ubicados en las partes laterales de las piezas, con los siguientes resultados.

**Tabla 4.6**

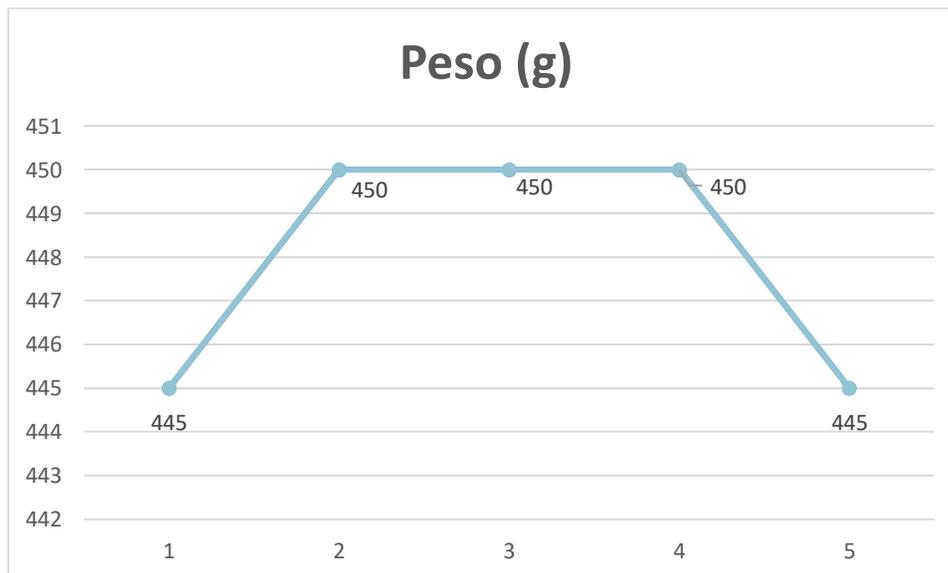
**Resultados obtenidos del peso de las Piezas Modelo III**

N°	Detalle	Peso	Unidad
1	Módulo III	445	g
2	Módulo III	450	g
3	Módulo III	450	g
4	Módulo III	450	g
5	Módulo III	445	g

Elaboración Propia

En la gráfica se observa:

**Figura 4.15**



Como se observa en la figura anterior el peso en las 5 muestras analizadas no varía en gran porcentaje solo con 5 gramos, pudiendo concluir que estas piezas si se encuentran uniformes y el peso es considerablemente menor a los anteriores, pudiendo ser utilizados para la fabricación de los Tajitos Cerámicos.

## **4.2. Pruebas de Laboratorio realizadas a las piezas**

### **1. Prueba de Absorción para Baldosas**

El ensayo tiene como objetivo determinar la capacidad de absorción de agua de las [baldosas cerámicas](#) relacionando la masa de la pieza en seco y la masa saturada en agua e inmersión.

La prueba consiste en someter un nombre determinado de baldosas a impregnación en agua, determinando la cantidad de agua que ha sido capaz de absorber cada una de ellas.

Para llevar a cabo el ensayo se tiene que proceder a secar las baldosas hasta alcanzar una masa constante (diferencia inferior a 0,02 % entre dos pesadas en un intervalo de 24 horas) y enfriarlas a temperatura ambiente en un desecador con hielo de sílice.

### **Figura**

#### **Prueba de Absorción Cerámica**



Pesadas las piezas y secadas, con precisión 0,01 g, se colocan en un calentador lleno de agua sin que se lleguen a tocar unas con las otras, de manera que el nivel del agua, por encima y por debajo de las baldosas, sea de 5 cm.

El agua alcanza la ebullición y se mantiene en un espacio de dos horas. Retirar la fuente de calor y dejar enfriar las piezas a temperatura ambiente, manteniéndolas completamente sumergidas durante  $4h \pm 15$  minutos.

A continuación se extraen y se secan con un seca-manos húmedo y se colocan en una superficie plana. Normas de Referencia o Relacionadas UNE-EN ISO 10545-3.

- **Datos Obtenidos en la Prueba de Absorción**

Una vez realizada la selección del Modelo a utilizar se procede a realizar pruebas de absorción para poder determinar si estas piezas se encuentran perfectamente cocidas y pueden soportar inclemencias de tiempo.

Los datos obtenidos son los siguientes:

**Tabla 4.7**

**Prueba de Absorción para piezas Cerámicas**

MODELO III	Peso Seco (g)	Peso Húmedo (g)	% de Absorción
<b>1</b>	445	485	8,20%
<b>2</b>	450	485	7,20%
<b>3</b>	450	485	7,20%
<b>4</b>	450	486	7,40%
<b>5</b>	445	484	8,10%

Elaboración Propia

El porcentaje de absorción que se obtiene tras realizar la prueba se encuentra entre 7.2 a 8.2%, correspondiente a piezas cocidas según el instructivo de la prueba de absorción.

Con lo que se puede concluir que las piezas son aptas para cumplir la función de Tejita Cerámico para las construcciones locales.

### **4.3. Resultados Obtenidos de las Entrevistas**

A continuación, se detalla el análisis, que se llevó a cabo una vez obtenidos los datos de las entrevistas realizadas:

#### **4.3.1. Análisis de los datos Investigados**

Las entrevistas desarrolladas fueron al arquitecto Héctor Sánchez Baldivieso, presidente del colegio de arquitectos de Tarija, el arquitecto Gonzalo Barrenechea, y la arquitecta Estefanía Saavedra, que llevan varios años trabajando en el rubro de edificaciones, se hizo un resumen de las respuestas que brindaron cada uno de ellos:

Una de las aplicaciones de la cerámica que más evoluciono en los últimos años, es su uso en los pisos residenciales interiores y exteriores, así como en vías peatonales y vehiculares.

También la producción de la “cerámica refractaria”, que es utilizada para revestir áreas que alcanzan temperaturas desde los 1000°C hasta los 5000 °C. Son muy pocos los materiales capaces de resistir tan altas temperaturas, es una visión de INCERPAZ acerca del futuro de la cerámica.

La demanda de los ladrillos es una demanda derivada principalmente de la construcción, puesto que son considerados un insumo indispensable para la edificación de casas, edificios (cualquier tipo de construcción), debido a su alta resistencia, alto valor estético, y largos periodos de durabilidad.

Entre los atributos que se consideran más importantes son la durabilidad y entrega a tiempo del producto requerido, ante la falta de abastecimiento de las empresas. Los materiales cerámicos más demandados en la actualidad son: el ladrillo de 6 huecos, teja colonial, ladrillo gambote para revestimiento de exteriores y también cerámica para loza alivianada, utilizada de sobremanera en construcciones últimamente.

Las condiciones de las fabricas no cumplen en su mayoría con la normativa de seguridad industrial, ambiental, de salud y de empleo, se sugeriría el de implementar programas que abarquen estos aspectos, en Tarija se cuenta con AICT – Asociación de industrias cerámicas Tarija; CADEPIA – Cámara departamental de la pequeña industria y artesanía y CAINCOTAR – Cámara de la industria, comercio y servicios Tarija, pero en su mayoría las

empresas cerámicas no tienen conocimiento de estas instituciones de apoyo, no tomando en cuenta que la afiliación a las mismas permitirá un apoyo mutuo entre empresas, consensuar soluciones a los temas comunes del sector, establecer parámetros de precios, entre otros.

Es evidente que el sector cerámica desde hace unos años y actualmente está experimentando un crecimiento notable, esto se puede verificar en la falta de producto ante la demanda existente.

También se llevaron a cabo entrevistas dirigidas a contratistas, entre ellos el señor Pablo Gonzales, trabajador actual en la ciudad de y el señor Alberto López y Gualberto Nieves, a continuación se muestra los resultados obtenidos de dicha encuesta:

- i) La calidad de la cerámica se ve en el color uniforme y dureza (rojizo consistente), al golpe emitirán un sonido metálico, estarán libres de rajaduras y desportilladuras. Los clientes prefieren ladrillos con atributos de color y dureza (rojizo y consistente).
- ii) La cerámica cumple con las características de resistencia, aislación acústica, mantenimiento y costo, son considerados como uno de los materiales de construcción de más larga vida y más económicos, el tiempo de garantía que tiene un material de este tipo, va desde los 20 años a los 50 años.
- iii) Al momento de adquirir cerámica ven importante que la cerámica tenga una superficie uniforme y con un peso que permita el manipuleo y traslado, los contratistas verifican esto antes de la compra del material para la obra, su preocupación más grande se engloba en el transporte del material, ya que en caso de contar con obras que se encuentren fuera de la ciudad, el tiempo de entrega se hace en más de cinco días, perjudicando así el avance de la obra, entrando en conflictos por falta de mano de obra o peor aún en época de lluvias.
- iv) Las construcciones que se realizan sean ido intensificando, tienden a rechazar obras últimamente por la falta de tiempo, por ello se dice que es un sector generador de empleo en crecimiento.

### **4.3.2. Reporte de resultados obtenidos**

Como resultado del diseño metodológico se tienen los siguientes puntos:

- La elaboración del molde en el modelo experimental 1 será considerado como el inicial con posibilidad de estar sujeto a las modificaciones que se necesite para obtener un producto con la mejor calidad que sea posible y que cuente con las especificación que tanto la norma como el cliente lo requieran.
- El cálculo de cantidades y análisis de precios unitarios están realizados por elemento que se necesite para la elaboración de los modelos experimentales, y calculados de manera unitaria y por cantidad respectivamente.
- La programación del diseño metodológico experimental está dado por el proceso de elaboración cerámico correspondiente, donde se explica los pasos que se siguen para obtener una pieza cerámica, sujeto a modificación si así se considera necesario para la elaboración de los envoltentes cerámicos.
- Los resultados de las encuestas realizadas tanto a arquitectos como ha contratistas muestra al evidente falta de nuevo productos que como los envoltentes cerámicos brinden una mayor posibilidad de utilizarlos en las diferentes construcciones al momento de elegir un tipo de acabado cerámico, con estos datos revelados se considera prudente la realización de este tema de estudio, y poder así brindar mayores alternativas a la industria de la construcción en el Departamento de Tarija.

# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones que han generado la realización del presente trabajo de investigación.

#### **5.1. CONCLUSIONES**

En el desarrollo del presente trabajo de investigación que ha dado lugar a la presente tesis se han alcanzado los objetivos planteados inicialmente en los siguientes puntos:

- Analizar la elaboración y aplicación de fachadas colgantes de piezas eco cerámicas, para su utilización en muros para las construcciones en la ciudad de Tarija.
- Analizar los diferentes tipos de arcilla y determinar la mezcla óptima para la fabricación de piezas eco cerámicas.
- Realizar la fabricación de piezas eco cerámicas con un patrón establecido para la construcción.
- Aplicar las piezas eco cerámicas con tejido de alambre galvanizado en la elaboración de fachadas colgantes.
- Determinar los diferentes modelos de piezas para una diferente percepción visual que se puede utilizar con piezas eco cerámicas.

Se pudo realizar la verificación de la hipótesis planteada al iniciar el trabajo de investigación al analizar la elaboración y aplicación de fachadas colgantes de piezas eco cerámicas para su utilización en muros de las construcciones en la ciudad de Tarija, se contaría con un estudio donde se determinaría su viabilidad de la aplicación de dicha tecnología en nuestra ciudad.

Pudiendo al finalizar el trabajo concluir que el estudio realizado muestra que la introducción de los Tejidos Cerámicos al mercado de la construcción en la ciudad de Tarija es viable ya

que al analizar los precios se pueden apreciar que se encuentran dentro del rango que las empresas Cerámicas tienen para comercializar sus productos.

Se analizaron los diferentes tipos de arcilla que existen, además de citar los ensayos que determinan en la industria Cerámica la calidad de la arcilla, pues son determinantes al momento de elegir el tipo de arcilla que se va a utilizar antes de producir.

Las piezas Eco Cerámicas fueron realizadas tomando en cuenta 3 modelos diferentes, en los que desde la realización del primero que fue de manera artesanal, junto con el segundo y la fabricación de dichas piezas a nivel industrial; se analizaron desde el tipo de arcilla, el molde o boquilla que se utilizaría, las características físicas de las piezas como medidas, peso y su aplicación en la fabricación de Tejidos Cerámicos, llegando a la conclusión de que para cumplir este objetivo se necesitan piezas livianas para su fácil aplicación y durabilidad, hecho que se vio reflejado en el Modelo III, siendo este el Modelo utilizado para la fabricación de dichos Tejidos Cerámicos.

Una vez obtenidas las piezas, se pudo realizar el Tejido con alambre Galvanizado en el que pudo verse la conformación de las tiras de Tejido, la moldeabilidad de las mismas y su colocado en las estructuras.

Se pudo determinar diferentes modelos de piezas utilizando la posibilidad de jugar con variedad de colores y texturas, dando mayor opción a poder personalizar dichos tejidos de acuerdo a cada cliente.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Una vez concluida la investigación se pudo determinar las siguientes recomendaciones:

- El poder analizar opciones con nuevos materiales alternativos, brindaría la posibilidad de ampliar la perspectiva constructiva sobre los Tejidos en general, apoyados en que estos tienen bajo costo de producción.
- Introducir al mercado de la construcción la posibilidad de introducir nuevas tecnologías en la ciudad que puedan ser aplicadas en construcciones que se vayan realizando en dicho lugar.
- Determinar los ensayos que se deberían utilizar para la selección de las piezas que se van a utilizar teniendo en cuenta el concepto de Calidad de Piezas Cerámicas.
- Proponer un material competitivo en precio y tiempo de empleo en la Obra.