

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. ANTECEDENTES SOBRE EL TEMA

La utilización de materiales para la construcción, los ladrillos juegan un papel importante porque son la base para las edificaciones modernas. su superficie y sus propiedades mecánicas son mejor valoradas bajo la mezcla de los mismos con elementos de revoque. (González Velandia K.D., Sanchez Bernal R., Pita Castañeda D.J., 2019)

Para el presente proyecto, se adecuó el método de pruebas en los ladrillos, además de las variaciones por temperatura y porcentaje de no conformes, en consideración a lo anterior se utiliza como antecedente de base.

El estudio de la transferencia de calor y humedad en materiales sólidos porosos es importante, debido al interés en la reducción del agua presente en por qué el exceso de humedad tiene efectos notorios en el área de secado. (Martines López, 2016)

En la actualidad, la investigación del secado se realiza de manera experimental, ya que no se cuenta con un modelo universal de secado que aplique satisfactoriamente a todos los materiales sólidos. En este trabajo se describe la solución del modelo de Luikov para una muestra de ladrillo, usando la metodología de Liu et al.

Para el presente proyecto, nos da pautas del modelo de secado de Luikov, además de las características de reducción de agua y de porosidad en los ladrillos.

En Bolivia existen trabajos de factibilidad, en específico sobre la ampliación en el área de procesos, bajo la situación de la producción de cerámicos, la misma tiene como objetivo; demostrar la viabilidad y factibilidad técnica y económica para la decisión de invertir en la ampliación de una PLANTA PRODUCTORA DE CERÁMICOS,

aplicando técnicas de ingeniería industrial con el propósito de obtener mayores beneficios que permitan un rendimiento óptimo del capital a invertir.

Algunos de sus objetivos específicos; Realizar un diagnóstico actual de la empresa, describiendo sus procesos productivos e identificando la productividad de la empresa. Realizar el estudio de mercado, mediante datos históricos y la elaboración del pronóstico de la demanda para así obtener aproximaciones que permitan identificar de manera adecuada la capacidad y el tamaño de la planta.

Definir el tamaño y localización del proyecto, Diseñar y planificar la distribución de la planta para optimizar tanto los procesos como la capacidad de almacenamiento de sus productos.

El presente proyecto como tal, lleva un proceso productivo con un 80% de parecido al del repositorio, además de la adaptación de diseño por las necesidades de crecimiento en mercado, siendo la misma situación bajo parámetros de otra área geográfica. (R.S., 2017)

En países como Argentina, en empresas de elaboración de ladrillos, también se realizaron trabajos repositorios de ampliaciones de áreas específicos, donde la prioridad es el área de secado y cortado.

La planta estimada tendría una capacidad de cortado de 470 toneladas diarias, su objetivo general es; Producir ladrillo cerámico hueco en la provincia de Buenos Aires y comercializarlo en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe. (Santangelo Juan, García M.E., Benedetti D., 2019)

Algunos de sus objetivos específicos seran; Aumentar la capacidad de producción, Promover el uso del ladrillo cerámico en construcciones domiciliarias, resaltando sus ventajas y lograr establecernos como proveedores de una porción de mercado proponiendo beneficios comerciales.

Del repositorio mencionado, se utilizará para este proyecto de grado, las condiciones de adaptación del área de secado, siendo una situación parecida bajo parámetros de otra área geográfica.

1.1.2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La cerámica Narvárez fue creada por su propietario el Señor Miguel Narvárez Avilez el año 1998, como una empresa unipersonal, con el apoyo de su familia.

Desde su fundación se encuentra en el Barrio 1° de Mayo final Av. La Paz, empezó su producción con maquinaria Morando de Industria Brasileira, se construyeron hornos Hotman para la cocción del ladrillo, trabajando por siete años con este sistema, además de la producción de teja y ladrillo de 6 huecos para revoque.

En el año 2006 comienza la elaboración del primer horno túnel en la Ciudad de Tarija, terminado a principios del año 2007, en septiembre del mismo año compra una línea totalmente nueva de la empresa Souza de Industria Brasileira.

Lamentablemente en noviembre de ese año, el dueño de la cerámica fallece dejando el manejo a cargo de sus herederos lo cual obliga a la empresa a cambiar su razón social y convertirse a partir de ese momento en Cerámica Narvárez S.R.L.

Desde entonces la empresa ha seguido creciendo e innovando en automatismo y siempre brindando la calidad que fue desde el primer día el lema de su padre: CALIDAD QUE ES NUESTRA FORTALEZA.

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN

En la Cerámica Narvárez S.R.L., se puede apreciar a simple vista la distribución del área administrativa separada del área de producción y playa de descarga. En el área de producción denotan algunos problemas; incremento de mantenimientos correctivos,

espacio de pre-horno con falencias ya que se encuentra abierto, pero el problema más preocupante era la insuficiente capacidad que poseía el área de secado.

Si bien ciertos elementos se han encontrado como parte del problema, la cámara de secado se considera un “cuello de botella” ya que su capacidad es de 12.000 ladrillos por día, pero la restante línea de producción posee una capacidad de 25.000 ladrillos por día y el horno túnel tiene una capacidad de hasta 30.000 ladrillos al día.

Según el Sr. Orlando Narváez y la Lic. Gabriela Narváez, propietarios de la Cerámica Narváez S.R.L., actualmente la cerámica cuenta con una alta demanda del ladrillo de 6 huecos, la misma es de 16.500 ladrillos por día.

Al ser menor la capacidad de la cámara de secado que la demanda, restringe la producción normal, siendo que, para poder cumplir con las necesidades de demanda, se está sobrecargando a la cámara y disminuyendo los tiempos de secado.

En condiciones normales, el proceso de secado por parrilla (estante de 7 peldaños que cuenta con 504 ladrillos en total) es de 8 horas de secado, pero la insuficiente capacidad recorta el tiempo de 10 parrillas a solamente 6,5 horas, por ende, baja el rendimiento de esta área y en consecuencia existen rajaduras en el ladrillo de salida de secado.

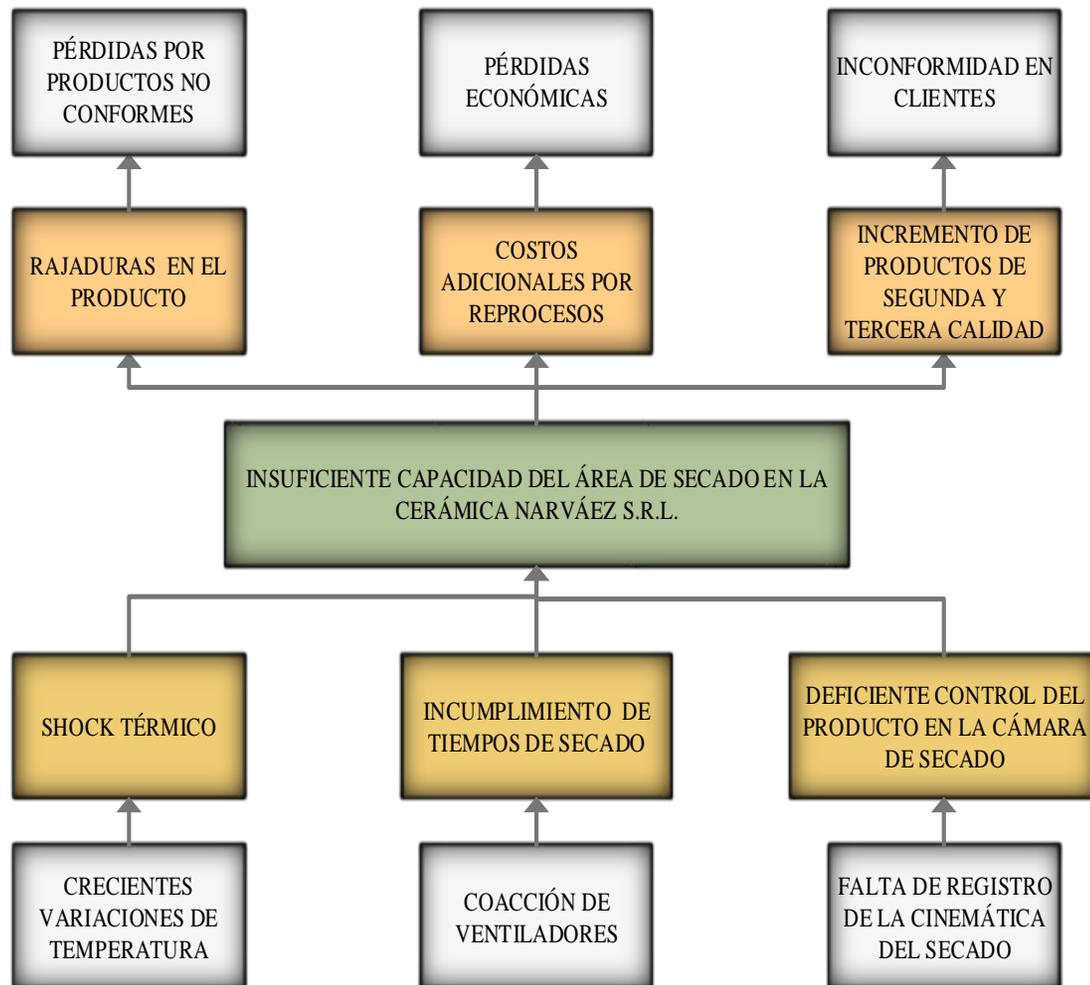
Si bien los productos no conformes o ladrillos con rajaduras se pueden volver a procesar tras una trituración, este reproceso ya genera costos adicionales de Bs. 0,40 por ladrillo no conforme.

En consideración a todo esto, los propietarios consideran que podría darse la opción de ampliar el área de secado y para ello se requiere de un estudio de ampliación.

1.2.1.1. ÁRBOL DE PROBLEMAS

La empresa tiene algunas falencias, de las cuales denota más el “cuello de botella”, siendo esta el área para el proceso de secado mencionado en el punto 1.2.1., en el siguiente árbol de problemas se puede apreciar mejor las causas mencionadas con anterioridad:

Figura 1-1 Árbol de problemas



Fuente: Elaboración Propia en base a la situación de la empresa.

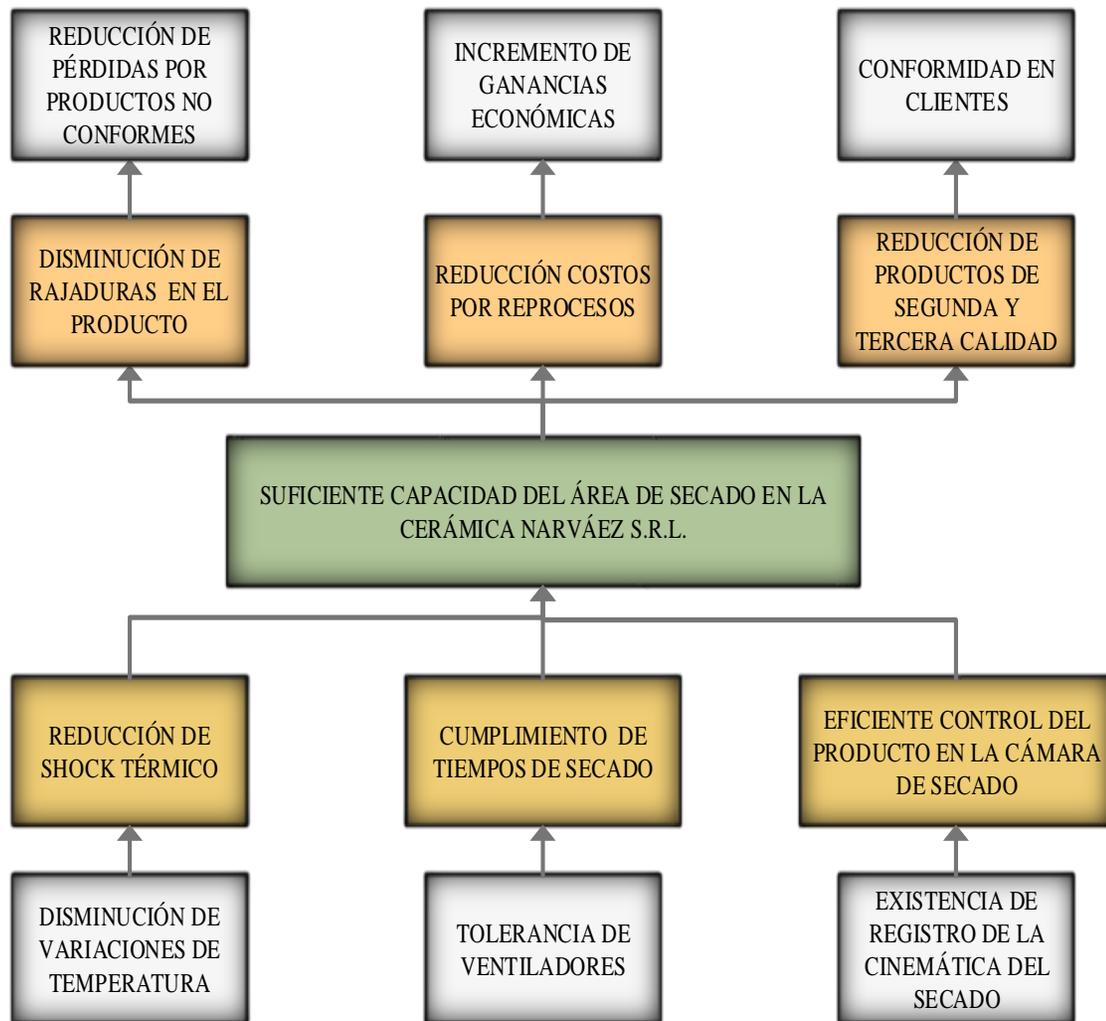
1.2.2. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE PROBLEMA

¿Qué medidas podría tomar la “Cerámica Narváez S.R.L.” para superar su insuficiente capacidad en el área de secado en la gestión 2022?

1.2.3. ÁRBOL DE SOLUCIONES

En base al árbol de problemas que se puede visualizar en la Figura 1-1, se elaboró el árbol de soluciones, mostrado a continuación:

Figura 1-2 Árbol de soluciones



Fuente: Elaboración Propia en base a la situación de la empresa.

Como se quiere dar solución a un problema de cuello de botella, se consideró soluciones a corto plazo, con respecto a los tiempos de secado, pero no cumplía la ampliación sólo la reducción de no conformes. También se consideró la terciarización, pero los costos de ejecución y transporte, generan pérdidas económicas, además que los traslados y tiempos de transporte; la mayoría de los ladrillos serán no conformes.

Por ello, se decidió la ampliación del área del proceso de secado.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una cámara de secado para la “Cerámica Narváez S.R.L.”, con la finalidad de ampliar la capacidad del proceso de secado en la gestión 2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Describir la situación actual de la cámara de secado.
- ✓ Desarrollar los planos de la ampliación del área de secado, para conocer los espacios disponibles y de modificación.
- ✓ Desarrollar la ingeniería de proyecto mediante la identificación de los componentes.
- ✓ Realizar el análisis económico de la propuesta de ampliación.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICO – CIENTÍFICA

La cerámica Narváez S.R.L., por el momento tiene una insuficiente capacidad instalada en la cámara de secado, por ende, el presente proyecto permitirá la aplicación de conceptos de Distribución de planta, modelos, lay-out y técnicas sobre Diseño de instalaciones.

Es decir, permitirá aplicar los conocimientos en el diseño de una cámara nueva en el área de secado para el ladrillo de 6 huecos, lo cual generará que la empresa cuente con un proceso productivo eficiente, favoreciendo de manera positiva al incremento de productividad de la empresa.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La cerámica Narváez S.R.L. ve la necesidad de ampliar la cámara de secado, debido a la demanda existente, ya que, la capacidad de la cámara de secado es para 12.000 ladrillos al día y actualmente se está trabajando con sobre carga de 4.500 ladrillos, lo que genera un problema en la calidad del secado.

A raíz de ello el presente Proyecto de Grado tiene como finalidad ampliar la capacidad del proceso de secado en la “Cerámica Narváez S.R.L”, para ello se prioriza el diseño de una cámara de secado en sus instalaciones industriales. Además, los propietarios de la cerámica como tal, tienen como proyecto a futuro, la automatización de la cerámica Narváez S.R.L. y este proyecto de Grado como tal será una parte de su posterior iniciativa.

Ampliaciones parecidas se llevaron a cabo en diferentes circunstancias, ya que muchas empresas, al crecer su mercado, deben ampliar su capacidad de producción y en su mayoría no cuentan con economía suficiente para un re-instalación completa, por ende, el interés en este proyecto permitirá dejar documentación para posteriores trabajos de Grado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, perteneciente a las universidades de Tarija y Bolivia.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La influencia del aspecto económico en la cerámica tendrá una influencia positiva, ya que a mediano plazo; al contar con el diseño de ampliación del secadero, podrá reducir sus costos de re-procesos del ahora existente segundo moldeado, permitiendo el aumento de ganancias económicas.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN PERSONAL

La elaboración del presente proyecto de Grado, permite aplicar conocimientos teóricos, adquirir nueva información y poner en práctica nuevas capacidades, además este proyecto es requisito necesario para poder optar al grado académico de ingeniera industrial a nivel licenciatura.

1.5. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.5.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

La Cerámica Narváez S.R.L. presenta los siguientes datos:

Rubro: Sector productor de minerales no metálicos

Agrupación en el sector: CIIU1 361.

Razón social: CERÁMICA NARVÁEZ

Matrícula de comercio: 00004705

Tipo Societaria: SOCIEDAD DE RESPONSABILIDAD LIMITADA

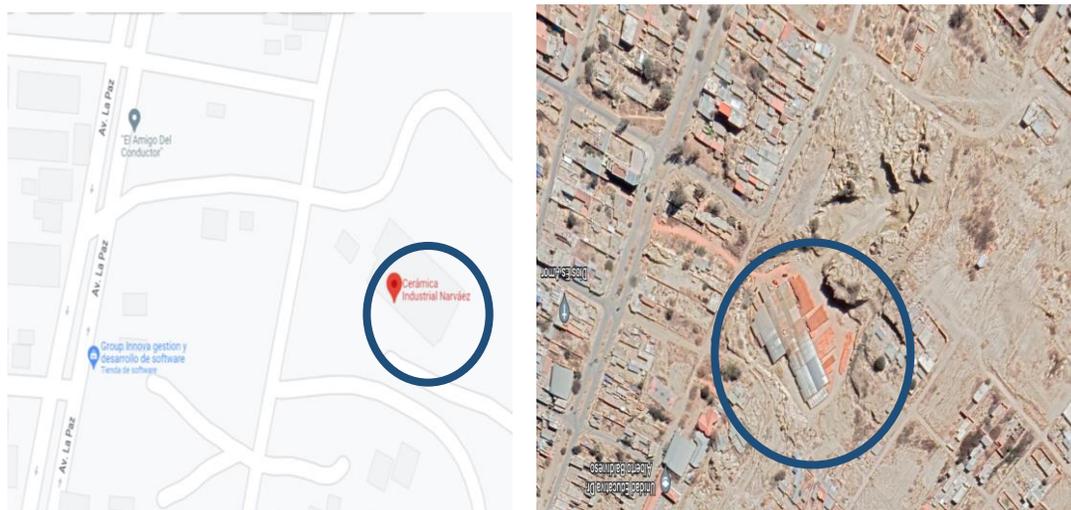
Número de NIT: 182154024

Actividad Principal: 239000 – Fabricación de productos minerales no metálicos

1.5.2. UBICACIÓN

La Cerámica Narváez S.R.L., se encuentra establecida en la provincia Cercado, perteneciente al departamento de Tarija. La cerámica como tal se encuentra ubicada en el Barrio 1° de Mayo, Av. La Paz S/N.

Figura 1-3 Ubicación de la cerámica Narváez S.R.L.

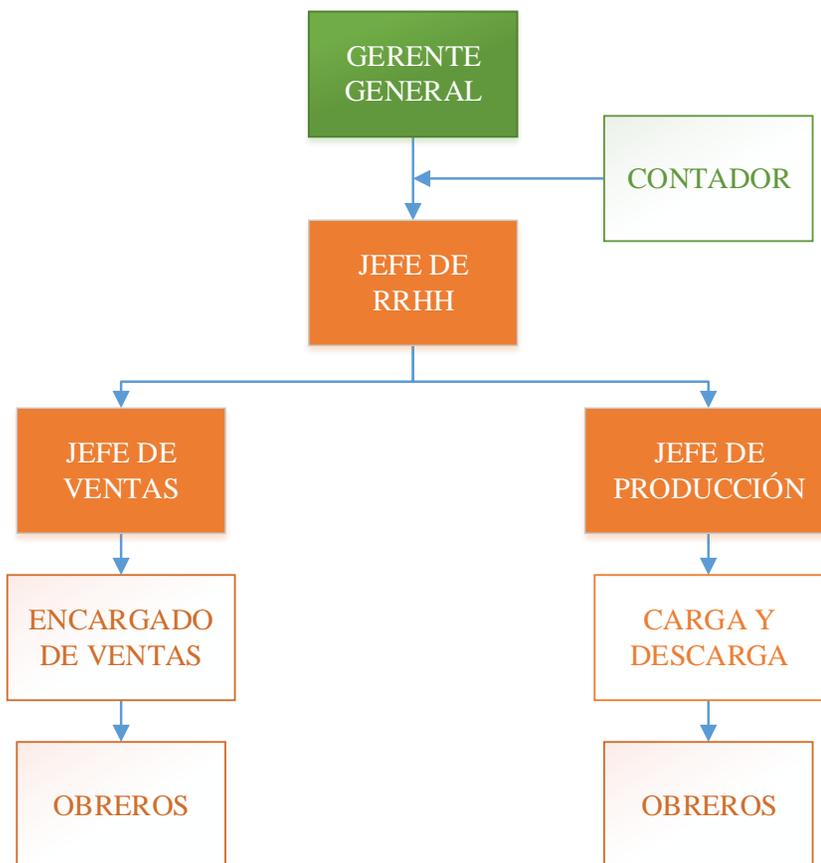


Fuente: Google earth brindado por la cerámica (NARVÁEZ, 2022)

1.5.3. ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL

La cerámica Narváez S.R.L. por el momento no cuenta con **misión, visión y valores**, ya que las mismas están en proceso de elaboración, pero si posee la siguiente estructura de organigrama:

Figura 1-4 Organigrama de la cerámica Narváez S.R.L.



Fuente: Proporcionada por el área de administración de la cerámica

1.5.4. PRODUCTOS OFERTADOS

La cerámica Narváez posee y ofrece los siguientes bienes:

Tabla I-1 Productos de la empresa

PRODUCTOS	DETALLE
<p>LADRILLO DE 6 HUECOS</p> 	<p>Dimensiones (cm): 12 x 18 x 24</p> <p>Peso (kg): 3,50</p> <p>Rendimiento (piezas/m²): 20/32</p> <p>Absorción: 15 (%)</p> <p>Usos: resistencia en construcción</p> <p>Calidad: de primera, de segunda y tercera</p>

<p>Ladrillo división de 4 huecos</p> 	<p>Dimensiones (cm): 8 x 18 x 24</p> <p>Peso (kg): 2,0</p> <p>Absorción: 15 (%)</p> <p>Usos: resistencia en construcción</p>
<p>LADRILLO COMPLEMENTO H10</p> 	<p>Dimensiones de corto (cm): 10 x 24 x 39</p> <p>Dimensiones de largo (cm): 10 x 24 x 42</p> <p>Peso (kg): 6,0</p> <p>Usos: resistencia en construcción de loza, bajo condición de vaciado</p>

Fuente: Elaboración Propia

1.5.5. PROCESO PRODUCTIVO

1.5.5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo para la elaboración de ladrillos en la Cerámica Narváez S.R.L., sigue las siguientes etapas de elaboración:

- **Extraído**

El extraído es el primer paso, en donde se realiza el retirado del área de exploración, el mismo se lleva a cabo en horas de la mañana, para poder llevar al trasladarlo hacia el área de producción.

- **Preparado de Materia Prima**

A 20 metros de la caja de alimentación, se realiza la combinación de la materia prima extraída con los moldes defectuosos o no conformes, luego de ello pasa a la caja de alimentación para ser dirigido hacia un segundo mezclado.

- **Mezclado**

El segundo mezclado se realiza con el porcentaje de agua destinado además de la eliminación de terrones enormes, para ellos se utiliza una misturadora de gran capacidad.

- **Laminado**

El laminador está formado por dos cilindros rotatorios lisos montados en ejes paralelos, con una separación de 3 mm, espacio por el cual se hace pasar la arcilla sometiénola a un aplastamiento. Posteriormente un aplanchado hace aún más pequeñas las partículas, dejando así piezas de la forma de hojuelas.

- **Almacenado de laminado**

Las hojuelas pasan por una cinta de transporte hacia un espacio donde se realiza el almacenamiento y secado por 12 horas como mínimo para posteriormente pasar a una segunda caja de alimentación.

- **Misturado**

El misturado realizado permite retener a existencias de terrones existentes, por medio del sistema de goteo de agua envía pequeñas partículas hacia la cinta de transporte, con un porcentaje del 10 % de agua.

- **Laminado segundo**

Antes del moldeado se realiza un último laminado de la arcilla.

En esta fase se consigue la eventual trituración de los últimos nódulos que pudieran estar todavía en el interior del material.

- **Moldeado**

La extrusora permite el mezclado homogéneo e íntimo contacto de la materia prima, para obtener un producto consistente, por el mismo se posee diferentes moldes dependiendo el producto planificado.

- **Cortado**

La máquina de cortado automático transversal, permite el movimiento de 4 cortes por revolución de trabajo. La misma está habilitada con la unión de la línea automatizada de descarga o carga de estantes. Cada peldaño se apila de 6 ladrillos por columna y 12 filas de trabajo.

- **Cargado de estantes**

Cada estante posee 7 peldaños de trabajo automático, además existen estantes o parrillas que son de carga manual al poseer 9 peldaños y el acceso automático no está redirigido para ello.

- **Secado**

Las parrillas cargadas con los moldes recién cortados, se trasladan hacia el área de secado, en el mismo entran 24 vagones en el espacio de secado y 31 vagones en el área total. En este espacio está por al menos 8 horas de secado, el mismo tiene una capacidad instalada de 12.000 ladrillos/día.

- **Cargado de vagones**

Posterior al secado de las parrillas o estantes, se trasladan los mismos hacia el área de carga, en el cual se realiza el cargado de 6 vagones por cada vez. Para esto se necesita de 13 a 14 parrillas, este paso es elaborado por las señoras quienes realizan la inspección visual antes de proceder al cargado.

- **Precautado**

Luego de completar el cargado, se traslada los vagones hacia el pre-horno, mismo que es alimentado por la extracción del horno, en el cual debe estar al menos 3 horas.

- **Quemado**

El quemado se realiza en horno túnel mismo que tiene una capacidad de 25.000 ladrillos por día, en un espacio de 70 metros de los cuales 50 metros son espacio de quemado. Los ladrillos tardan 3 días desde el inicio hasta su salida en esta área.

Además, posee 10 metros para el enfriamiento, ya que las últimas mechas son de más de 300 °C, que, si bien pueden ser retirados a posterior, cada vagón es retirado cada hora y media.

- **Almacenado**

El producto saliente se almacena con ayuda del personal encargado de dicha actividad en la playa para posteriormente cargar a los camiones de distribución o traslado.

1.5.5.2. DIAGRAMA DE FLUJO

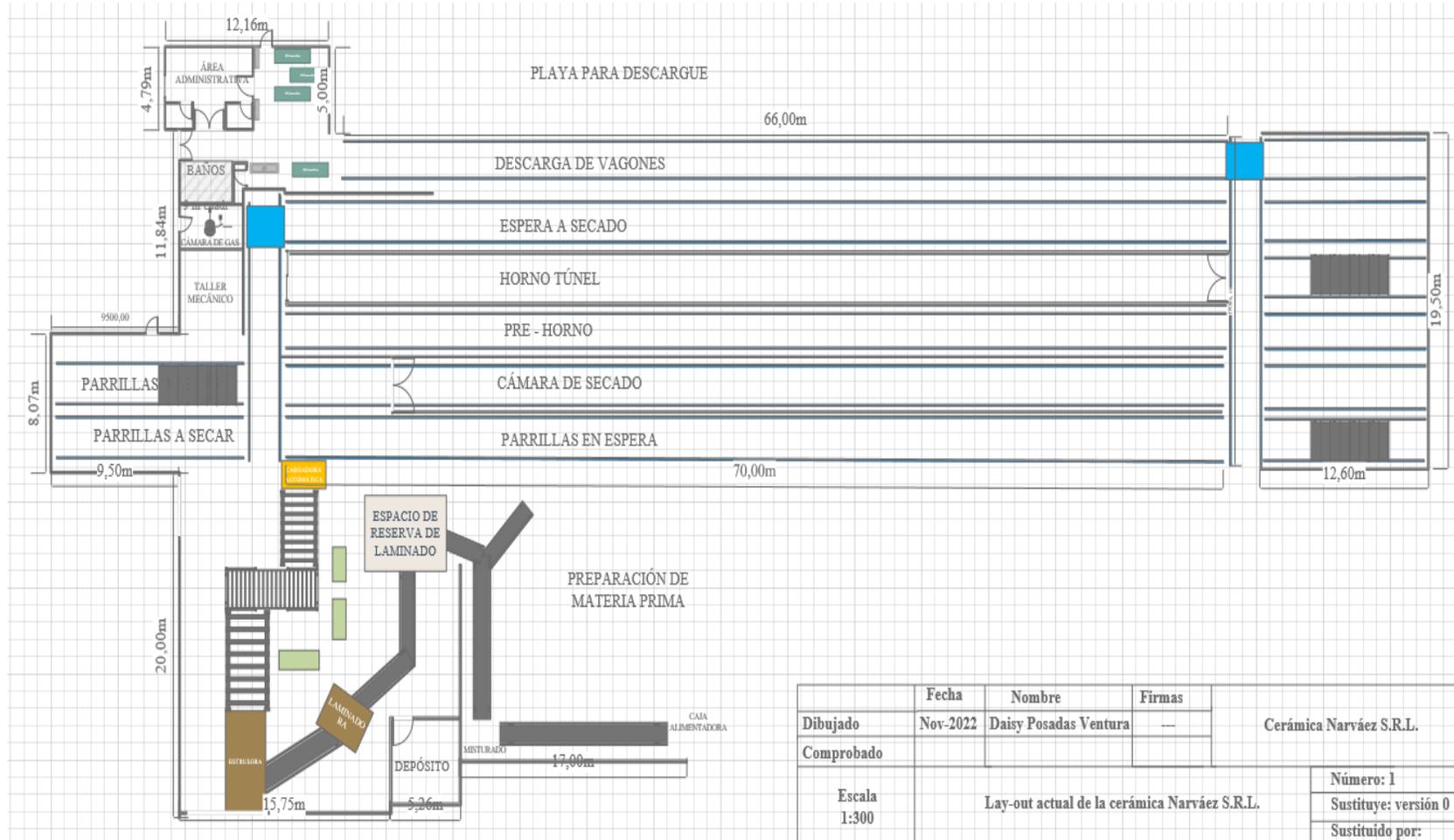
En el siguiente diagrama de flujo se puede ver el proceso productivo actual que existe en la cerámica:

Figura 1-5 Diagrama de flujo de la cerámica Narvárez S.R.L.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1-7 Lay – out actual de la cerámica



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver en la figura anterior, la cerámica Narvéez posee una extensión de cuadra y media por cuadra, de las cuales se tiene la planta o instalaciones en un porcentaje 25% de construcción del tamaño total del terreno.

De la parte construida el área de administración, depósitos, espacio para casilleros y baños posee 101,41 metros cuadrados, donde se realiza los pedidos y la supervisión general de la empresa. Además, posee 86 metros cuadrados para realizar reuniones y compartir con todos los trabajadores de la empresa.

Como se puede apreciar, cerca del taller mecánica se encuentra la cámara de gas, que posee 18,22 metros cuadrados y es un área restringida a visitas externas. El área de producción desde triturado hasta cargado automático posee 351,59 metros cuadrados, pero fuera de ello 300 metros son planificados para preparación y mezclado de materia prima.

El área de secado, horno y pre-horno poseen carriles de trabajo de 70 metros de longitud, además el área de espera y descarga de vagones poseen 66 metros de carril para el producto en espera o selección.

El área de circulación de volquetas y excavadora, posee más de 2.000 metros cuadrados, dando en total una construcción de 4.935,14 metros cuadrados. Al ser un plano significativo se trabajó en una escala de 1:300.

1.5.6. RESIDUOS Y/O DESECHOS

Los residuos y desechos generados por la cerámica, son en estado gaseoso y sólido. En estado gaseoso tenemos a los desechos gaseosos tras el paso por el horno túnel, mismos que son extraídos pero que se encuentran en el rango del marco ambiental de la ciudad de Tarija.

Por otra parte, existen desechos por ladrillos rotos, quebrados o con rajaduras, estos productos no conformes en mayor parte provienen desde el área de secado, pero los mismos son llevados y triturados para relleno de terrenos de los propietarios, por ende, no causan mayor daño ambiental.

1.6. METODOLOGÍA

1.6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ENFOQUE

Para fines del proyecto se desarrollará la investigación aplicada y la descriptiva.

La investigación descriptiva siendo la sobresaliente en el proyecto, permite un abordaje más profundo del tema, porque no sólo se indaga en la información, sino que también se encarga de analizar, verificar y puntualizar los datos, ya que se necesitará de un diagnóstico con información realista para obtener los datos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

La investigación aplicada porque al vincular conocimientos teóricos y cuestiones prácticas, por medio de la observación, permitirá puntualizar mejoras al diseño del área de secado.

En este trabajo se utilizan el enfoque mixto porque posee características cualitativas como la calidad en los ladrillos, pero también características cuantitativas como las dimensiones y tiempos de secado.

1.6.2. POBLACIÓN

El presente proyecto tiene como objeto de estudio el proceso de secado de ladrillos que se utiliza en la cerámica Narváez S.R.L.

1.6.3. MÉTODO

Los métodos para acceder a la información que se utiliza en el proyecto, son: la observación y revisiones bibliográficas. La observación es el método predominante, mismo que permite tener el panorama de la cerámica más amplio. Las revisiones bibliográficas proporcionan los conocimientos teóricos con relación al espacio de secado además de los equipos empleados en el área.

1.6.4. RECURSOS

Los recursos que se utilizan en el transcurso de la investigación, son los siguientes:

Tabla I-2 Recursos para la investigación

DE	DETALLE
Laboratorio	Pruebas de laboratorio cinética del secado (materia prima entrante al secadero)
Escritorio	Útiles de escritorio Hojas bond Computadora Calculadora
Campo	Flexómetro Termo higrómetro Balanza
Servicios	Internet wifi
Bibliografía	Normas <ul style="list-style-type: none"> • NB 1211001:2013 • NB 1211002:2013 Libros digitales Revistas y artículos digitales
Programas	Sketchup Visio
Cursos	Diseño de instalaciones industriales Diseño y lay-out de instalaciones en Visio y Sketchup

Fuente: Elaboración Propia

1.6.5. FORMULARIOS Y DISEÑO A UTILIZAR

Para llevar cabo este trabajo se utiliza la información obtenida por observación, por medio del diseño de los instrumentos:

- Elaboración de Lay-out
- Distribución de planta
- Planillas de registro de datos para la información que se requiera recopilar.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Trata de la distribución física de las factorías, plantas, almacenes, áreas de oficinas y laboratorios, así como establecimientos comerciales. Esta disposición incluye el equipo, el personal y sus puestos de trabajo, los servicios de apoyo y el edificio. (Peralta, 2008)

2.1.1. DISTRIBUCIÓN POR POSICIÓN FIJA

Se denomina distribución en planta por posición fija a aquella en la que el producto objeto de la transformación se queda quieto mientras personal, maquinaria y materiales se acercan y alejan para poder realizar las operaciones.

Se da cuando el volumen de fabricación es unitario y la variedad de los productos es elevada. (García Sabater, 2020)

2.1.2. DISTRIBUCIÓN POR PRODUCTO

La distribución en planta por producto es aquella en la que los recursos se disponen de tal manera que el producto (en su viaje por los recursos) sigue un camino reconocible.

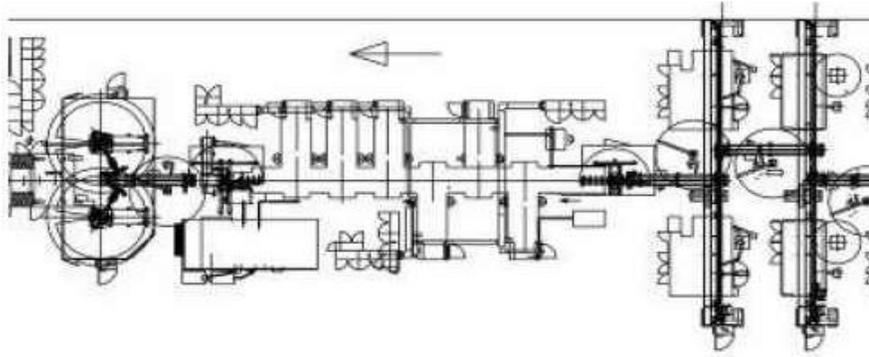
Es habitual cuando el volumen de fabricación es elevado y la variedad de los productos es baja. (García Sabater, 2020)

2.1.3. DISTRIBUCIÓN FUNCIONAL

La distribución en planta funcional es aquella en la que los recursos se disponen según las tareas y actividades que realizan. En ese caso los productos viajan de un área funcional a otra.

Es habitual cuando el volumen de fabricación es intermedio y los productos son similares no en sí mismos sino en los recursos que necesitan. (García Sabater, 2020)

Figura 2-1 Distribución funcional



Fuente: Página PPFM Distribución funcional (Ikastarroak, 2013)

2.1.4. DISTRIBUCIÓN HÍBRIDA

Para superar los segundos de ocio, sin perder las ventajas, surgen las distribuciones de tipo híbrido. En muchos casos son simplemente parches que se le hacen al sistema más genérico. Es posible que la empresa tome la decisión de definir estrategias de diseño de distribución en planta híbridas, cuya mejor caracterización son las denominadas células. (García Sabater, 2020)

2.1.5. DISPOSICIÓN DE ESPACIO POR ESTACIÓN DE TRABAJO

El análisis de espacio para áreas de trabajo constituye un aspecto importante con relación a las condiciones y necesidades que tiene esta estación, la importancia de espacio por trabajo o proceso es crucial: (Peralta, 2008)

- Para poseer una producción económica.
- Costo menor de producción.
- Máxima utilidad.

2.2. DISEÑO DE INSTALACIONES

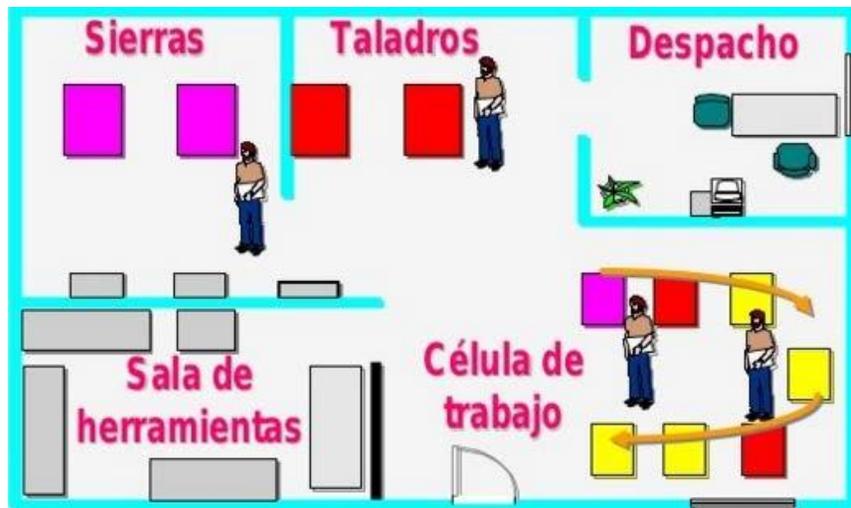
El diseño de instalaciones analiza, conceptualiza, diseña e implementa sistemas para la producción de bienes o servicios. El diseño se representa generalmente por medio de un plan de piso o un arreglo físico de las instalaciones (equipo, terreno, edificio, servicios), para optimizar las relaciones entre personal, flujo de los materiales y los

métodos requeridos para lograr los objetivos de la empresa de manera eficiente económica y segura. El plan de piso es finalmente la distribución de una instalación. (Barrios, 2012)

2.2.1. LAY-OUT

La distribución en planta (layout en inglés) es la mejora más importante que se puede hacer en una fábrica mediante el cambio físico de la planta, ya sea para una fábrica existente o todavía en planos, y se refiere a la óptima disposición de las máquinas, los equipos y los departamentos de servicio, para lograr la mayor coordinación y eficiencia posible en una planta. (Kuzude, 2019)

Figura 2-2 Lay-out de una planta de manufactura



Fuente: Página sites google Manufactura

Muther formuló esto 6 principios:

2.2.1.1. PRINCIPIO DE LA INTEGRACIÓN DE CONJUNTO

En este principio dice que la mejor distribución es aquella que integra a los que operan, el equipo y/o maquinaria, todas las actividades, también otro factor involucrado, tratando que resulte un mayor compromiso entre las partes. (Cardozo, 2019)

2.2.1.2. PRINCIPIO DE LA MÍNIMA DISTANCIA RECORRIDA

La mejor distribución es la que permite que la distancia a recorrer por el material entre las operaciones sea la más corta posible. Siempre se debe de tomar en cuenta la distancia que se recorre en cada operación, y se debe de seleccionar la más corta, cómoda y segura. Las operaciones deben de tener un orden. (Kuzude, 2019)

2.2.1.3. PRINCIPIO DE LA CIRCULACIÓN O FLUJO DE MATERIALES

Una de las mejores distribuciones es aquella que ordena las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se tratan, elaboran, o montan los materiales. (Cardozo, 2019)

2.2.1.4. PRINCIPIO DEL ESPACIO CÚBICO

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal. Para este método se utiliza la idea de almacenamiento de estantes, lo que quiere decir que se optimizará el espacio entre horizontal y vertical. (Kuzude, 2019)

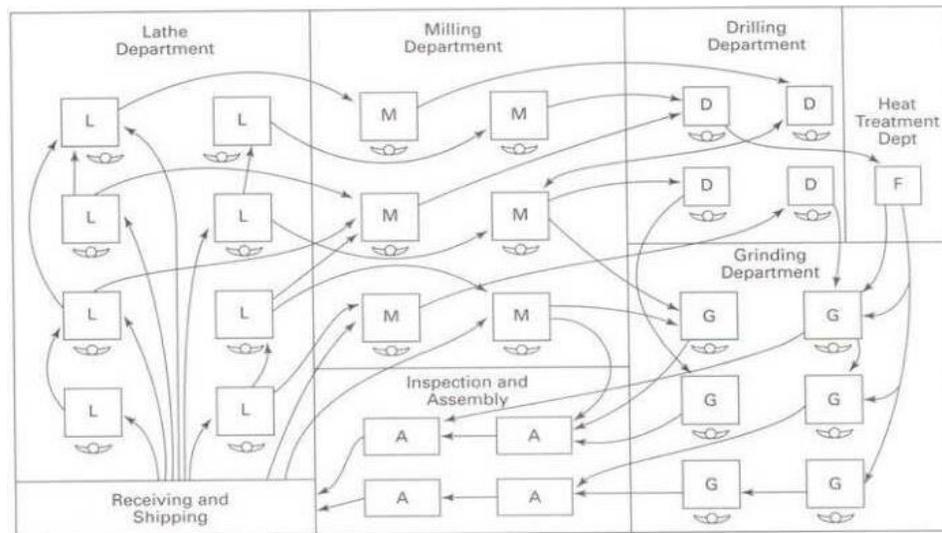
2.2.1.5. PRINCIPIO DE LA SATISFACCIÓN Y DE LA SEGURIDAD

Será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los operarios, los materiales y la maquinaria. (Cardozo, 2019)

2.2.1.6. PRINCIPIO DE LA FLEXIBILIDAD

Siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costes o inconvenientes. Se debe de evaluar la distribución, de modo que esta no produzca costes innecesarios y que sea muy útil, fluida para la producción, como, por ejemplo, se debe de evitar gastar en divisiones de paredes costosas y difíciles de destruir, debido a que los procesos pueden cambiar por muchos motivos. (Kuzude, 2019)

Figura 2-3 Principio de distribución



Fuente: (Kuzude, 2019)

2.3. SECADO DE LADRILLOS

El proceso de secado se encuentra en la clasificación de contacto directo de fases inmiscibles sólido – gas, se destaca por ser un proceso de eliminación de humedad que se presenta en fase líquida en el interior del sólido. En este proceso intervienen varios mecanismos que operan de forma simultánea como lo son los mecanismos de transferencia de calor y los mecanismos de transferencia de masa, los cuales para términos de cinética del secado son predominantes para la velocidad de secado.

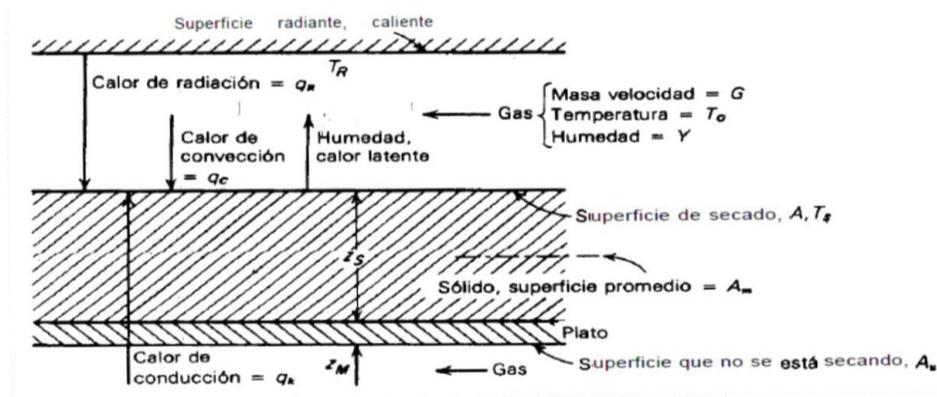
La eliminación de humedad como resultado de la iteración simultánea de los mecanismos de transferencia de calor y de masa, para un tipo de secado por agente secante depende de las condiciones externas del proceso como lo son velocidades de flujo, temperatura del flujo, área de contacto del flujo y tiempos de secado. (Hitschfeld, 2009)

2.3.1. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

El calor se define como una forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro debido a las diferencias de temperatura. La transferencia de calor del medio más caliente al medio más frío siempre ocurre, y la transferencia de calor se detiene cuando

los dos medios alcanzan la misma temperatura. La transferencia de calor se puede lograr por diferentes medios; conducción, convección y radiación.

Figura 2-4 Mecanismos de transferencia de calor



Fuente: R. E. Treybal, Operaciones De Transferencia De Masa.

2.3.1.1. CONDUCCIÓN

La conducción es la transferencia de energía de partículas de materia de alta energía a partículas de baja energía debido a la interacción de estas partículas. La conducción puede ocurrir en sólidos, líquidos o gases.

En gases y líquidos, la conducción es causada por colisiones y difusión de moléculas en movimiento aleatorio. En los sólidos, esto se debe a una combinación de vibraciones moleculares dentro de la red cristalina y la transferencia de energía de los electrones libres. (Gonzales, 2016)

2.3.1.2. CONVECCIÓN

La convección es el método de transferencia de energía entre una superficie sólida y un líquido o gas adyacente en movimiento, y consiste en los efectos combinados de la conducción y el movimiento de un fluido, cuanto más rápido se mueve el fluido, más rápido se mueve el fluido.

En ausencia de un movimiento significativo de fluidos, la transferencia de calor entre superficies sólidas y líquidos adyacentes es por conducción pura. La presencia de

movimiento de masas fluidas mejora la transferencia de calor entre superficies sólidas y líquidas, pero también complica la determinación de los coeficientes de transferencia de calor. (Gonzales, 2016)

La ecuación 1 permite obtener el calor de transferencia de calor por convección:

$$Q' = h * A * (T_f - T_{so}) \quad (1)$$

Donde:

Q' = Transferencia de calor por convección

h = Coeficiente de transferencia de calor

A = Área del cuerpo en contacto

T_f = Temperatura de la superficie del cuerpo

T_{so} = Temperatura del fluido a cierta distancia

2.3.1.3. RADIACIÓN

La radiación es energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) que son el resultado de cambios en la configuración electrónica de átomos o moléculas.

A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de energía radiante no requiere la presencia de un medio; de hecho, la transferencia de energía radiante es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no decae con el tiempo. Así llega la energía solar a la tierra. (Gonzales, 2016)

2.3.2. MECANISMOS DE SECADO

Hay dos mecanismos para remover la humedad:

Evaporación: Esta ocurre cuando la presión del vapor de la humedad en la superficie del sólido es igual a la presión atmosférica. Esto se debe al aumento de temperatura de la humedad hasta el punto de ebullición.

Vaporización: El secado es llevado a cabo por convección, pasando aire caliente sobre el producto. El aire es enfriado por el producto y la humedad es transferida hacia el aire. En este caso la presión del vapor de la humedad sobre el sólido es menor que la presión atmosférica. (Catarina, 2018)

2.3.3. TIPOS DE SECADO

2.3.3.1. SECADO NATURAL

Es la forma más simple de secar el ladrillo. Consiste en la exposición directa al medio ambiente, la temperatura, la humedad relativa HR, la velocidad y presión del aire ambiente llevan a cabo el secado hasta el contenido de humedad de equilibrio. CHE del lugar. (Mendoza, 2020)

El secado natural se realiza en patios de secado que son terrenos planos, de piso duro y compactado, situados en lugares no inundables, que poseen un buen drenaje, libres de obstáculos y vegetación que impidan la libre circulación del viento.

2.3.3.1.1. VENTAJAS

Las ventajas son su bajo costo de implementación y consumo nulo o muy bajo de energía. Debido a la lentitud del proceso y a las diferencias de temperatura del día y la noche, el secado es uniforme, el ladrillo presenta pocos defectos. (Kassab, 2016)

2.3.3.1.2. DESVENTAJAS

Los mayores inconvenientes del secado natural son su dependencia de las variaciones climáticas, su lentitud y el requerir una superficie importante en el patio. (Kassab, 2016)

2.3.3.2. SECADO ARTIFICIAL

El secado artificial es el proceso por el cual se elimina el agua contenida en la pieza mediante el empleo de temperatura, presión, velocidad y humedad relativa del aire, diferentes a las proporcionadas por el ambiente natural. (Kassab, 2016)

El secado artificial es un proceso rápido que reduce el tiempo de secado y bien controlado proporciona un producto de mayor calidad.

Figura 2-5 Secado artificial



Fuente: (R.S., 2017)

2.3.4. CINÉTICA DEL SECADO

En cinética de secado, basan sus estudios en cambios en el volumen promedio, contenido de humedad o temperatura a lo largo del tiempo, por lo tanto, la resistencia seca es el contenido de humedad a lo largo del tiempo se ve afectado por parámetros de secado como: temperatura, humedad, velocidad relativa del viento, presión total, etc. Sin embargo, la cinética de secado depende del tiempo, consumo de energía, etc. (Catarina, 2018)

2.3.4.1. PRINCIPIOS DEL SECADO TERMICO DEL LADRILLO

El secado consiste en evacuar el exceso de agua que contiene el ladrillo en el menor tiempo, al menor costo y obteniendo la mejor calidad posible. En el proceso de secado térmico el aire calienta el ladrillo y evacua la humedad que se encuentra en él. Es necesario conocer una serie de características y propiedades físicas del aire y del ladrillo para comprender este proceso. (Mendoza, 2020)

2.3.4.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL AIRE

El aire debe tener unas condiciones particulares de humedad, temperatura, velocidad y presión para poder realizar un buen secado.

2.3.4.1.1.1. HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE HR

El aire ambiente contiene agua en forma de vapor. La humedad relativa HR indica el contenido de vapor de agua, es decir, la humedad del aire y depende de la presión atmosférica y de la temperatura del lugar, las cuales varían dentro de ciertos límites para un lugar determinado; por esta razón se calcula una HR promedio. En el proceso de secado el aire se comporta como una esponja; entre más seco, mayor su capacidad para absorber vapor de agua, hasta llegar a un tope máximo de contenido de agua.

2.3.4.1.1.2. TEMPERATURA DEL AIRE

A medida que aumenta la temperatura del aire, también aumenta su capacidad para secar o absorber humedad. Para aumentar la temperatura del aire es necesario suministrar energía. Las fuentes corrientes de energía son: carbón, ACPM, gas natural, electricidad, energía solar utilizada directamente sobre el ladrillo o captada por colectores solares que calientan el aire suministrado a una cámara de secado.

2.4.4.1.1.3. PRESIÓN DEL AIRE

Debe ser suficiente para que circule de manera uniforme a través de todos los ladrillos distribuidos dentro de la cámara. Es una característica de los ventiladores que se calcula a partir de las restricciones impuestas al recorrido del aire se mide por medio de un manómetro.

2.4.4.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL LADRILLO

Para escoger un proceso de secado adecuado es necesario controlar su cantidad de agua o contenido de humedad CH y conocer su densidad.

2.4.4.1.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL LADRILLO

La arcilla es un material poroso que contiene agua bajo tres formas; agua libre, agua higroscópica y agua de constitución. Se considera seco el ladrillo cuando ha perdido

toda el agua libre y parte del agua higroscópica, hasta llegar a un contenido de humedad de equilibrio CHE con la humedad relativa HR del aire ambiente.

El contenido de humedad CH se define como la relación, medida en porcentaje %, entre el peso del agua contenida y el peso de la arcilla anhidra o sin agua.

$$H = \left(\frac{PH - PS}{PS} \right) \times 100 (\%) \quad (2)$$

Donde:

PH= Peso Húmedo

PS= Peso Anhidro

2.4.4.1.2.2. DENSIDAD

La densidad es la relación entre la masa y el volumen de la pieza, se mide entonces en unidades de peso sobre unidades de volumen. A medida que avanza el secado y el ladrillo pierde agua, varía su peso y su volumen; teniendo éstas densidades diferentes estando húmedo, a medio secar, o del todo seco.

2.4.4.1.2.3. POROSIDAD

La porosidad es una medida o índice del volumen de todos los poros presentes en el material. Los poros pueden estar abiertos o cerrados. Los primeros suelen estar interconectados entre sí por medio de conductos o capilares.

Los poros cerrados pueden estar dentro de partículas individuales o formar espacios aislados dentro de la matriz del cuerpo, de tal modo que el material es impermeable al líquido o al gas, a pesar de su alta porosidad.

2.4.4.1.2.4. PERMEABILIDAD

Es la propiedad que permite a los fluidos penetrar a través de sus poros bajo un gradiente de presión. Las velocidades de flujo de los fluidos incompresibles, a través de la masa porosa, se pueden calcular a través de la Ley de Darcy.

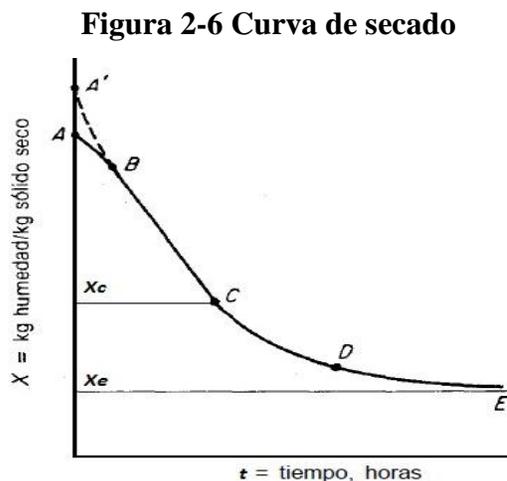
2.4.4.2. GENERALIDADES DE LAS CURVAS DE SECADO

Un proceso de secado es usualmente descrito por diagramas construidos con las siguientes coordenadas. Contenido de humedad del material contra Tiempo de secado (Curva de secado). Velocidad de Secado contra Contenido de humedad del material (Curva de velocidad del secado). Temperatura del material contra Tiempo de secado (Curva de temperatura).

2.4.4.2.1. CURVA DE SECADO

Con el fin de obtener el tiempo de equilibrio en que se elimina el contenido de humedad de una muestra y las iteraciones de los factores que afectan la rapidez con la que se ejecuta el proceso es necesario conocer las características que gobiernan en la velocidad de secado. Para ello a raíz de la experimentación de un secado ya sea continuo o por lote son identificados por medio de las curvas de secado los siguientes aspectos. (Treybal, 2008)

El contenido de humedad se mide en unidades de porcentaje de humedad o una valoración de humedad sobre sólido seco; expresado por la letra X graficándose este contra el tiempo t en el que equilibra el contenido de humedad como se muestra en la figura.



Fuente: Operaciones De Transferencia De Masa, Mc Graw Hill.

2.4.4.2.2. TIEMPO DE SECADO

El tiempo de secado depende del material, esto define las características que tendrá la curva de secado. El tiempo de secado debe ser determinado separadamente para el primer y segundo periodo de secado.

La ecuación siguiente define la velocidad de secado, ésta puede reacomodarse para obtener el tiempo de secado. (Treybal, 2008)

2.4.4.2.3. PERIODO CONSTANTE DE SECADO

En este periodo de secado influyen la velocidad de secado wD depende del coeficiente de transferencia de calor y masa (h y kg) entre el agente de secado y la superficie a secar. Sin embargo, los materiales porosos representan un reto debido a su estructura no uniforme que crea dificultades en la estimación del contenido crítico de humedad. Es por eso que a veces es mejor hacer experimentos bajo condiciones similares a las que se usan en la práctica en la industria.

2.4.4.2.4. PERIODO DE CAÍDA DE SECADO

Este periodo de caída de secado puede comportarse de manera lineal pero también puede comportarse de manera no lineal por lo cual requiere un estudio más minucioso del comportamiento de la curva de secado.

La forma de la velocidad de la curva de secado depende del tipo de cuerpo, la velocidad de secado en el primer periodo de secado y el contenido crítico de humedad. (Treybal, 2008)

2.5. CÁMARA DE SECADO

La cámara de secado es el lugar físico en donde se realiza el proceso de secado. Son cámaras herméticas, hechas de materiales que entregan una buena aislación térmica, para tener el mínimo de pérdidas calóricas, además deben ser resistentes a la corrosión y humedad continua durante el secado. (Hitschfeld, 2009)

2.5.1. SECADORES ESTÁTICOS

Son equipamientos de secado de operación intermitente constituidos por áreas separadas, llamadas celdas o cámaras, durante el funcionamiento de las máquinas de operación de producción, las cámaras se llenan una tras otra de modo proporcional a la producción. (Rodríguez, 2021)

En el momento en que se llena se cierra cada cámara, iniciándose el proceso de secado en la misma. El proceso permanece habilitado para esa senda, mientras las condiciones higrométricas internas se van alterando a lo largo del tiempo.

Figura 2-7 Secadores estáticos



Fuente: (Rodríguez, 2021)

2.5.2. SECADORES CONTINUOS

El Túnel, por el movimiento de las vagonetas o parrillas o estantes y en contra corriente a la masa de aire caliente un secador completo y uniforme, son equipos de tecnología tradicional también denominados secadores longitudinales formados por galerías recorridas en toda su extensión por rieles desplazándose lentamente de un extremo al otro.

La masa de aire caliente que absorbe la humedad evaporada en el secado se mueve en sentido opuesto, transportando la por la acción de los ventiladores hasta aproximarse al extremo de la entrada de los estantes. (Rodríguez, 2021)

Figura 2-8 Secadores continuos



Fuente: (Rodriguez, 2021)

2.5.3. CÁLCULO DE CÁMARA DE SECADO

Para realizar los espacios necesarios para la cámara de secado se debe considerar, las siguientes ecuaciones:

El balance de materia para identificar la masa de aire necesaria

$$m_{aire} = \frac{m_t C_{Parcilla} (T_2 - T_1) - m_{H_2O} (h_2 - u_1)}{C_{Paire} (T_2 - T_1)} \quad (3)$$

Donde:

m_{aire} = masa de aire en Kg

m_t = masa total en Kg

$C_{Parcilla}$ = Calor específico de la arcilla

m_{H_2O} = masa de agua en Kg

La masa total entre estantes y la cámara de secado.

$$m_t = (m_{parrillas} + m_{cámara\ secado}) \quad (4)$$

Donde:

m_t = masa total en Kg

$m_{parrillas}$ = masa de las parrillas en Kg

$m_{cámara\ secado}$ = masa de la cámara de secado en Kg

El calor sensible del bloque debido al suministro de calor.

$$Q_s = Q_{camara\ secado} C_p \Delta T \quad (5)$$

Donde:

Q_s = Calor sensible KJ

$Q_{camara\ secado}$ = masa del bloque

C_p = Calor específico del agua

El calor latente de la masa de arcilla.

$$Q_{latente} = m_{H_2O} h_{fg} \quad (6)$$

El calor útil que es necesario para considerar la posterior maquinaria.

$$Q_{util} = Q_s + Q_{latente} + Q' \quad (7)$$

Donde:

Q_{util} = calor necesario para considerar la capacidad de maquinaria

Q_s = calor sensible

$Q_{latente}$ = calor latente

El caudal de la cámara de secado

$$Caudal = \frac{Q_{util}}{Hr} \quad (8)$$

El coeficiente de llenado, se utiliza para obtener una mayor eficiencia, el volumen de la cámara debe ser tan cercano como sea posible a un cubo

$$\text{Coeficiente de llenado} = \frac{\text{volumen ladrillos}}{\text{volumen cámara}} \quad (9)$$

2.6. VENTILADORES

El ventilador es una bomba roto dinámica de gas que sirve para transportar gases, absorbiendo energía mecánica en el eje y devolviéndola al gas; se distingue del turbocompresor en que las variaciones de presión en el interior del ventilador son tan pequeñas, que el gas se puede considerar prácticamente incompresible. (SEDICI, 2016)

2.6.1. CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES

Los ventiladores han venido clasificándose de muy diferentes maneras y no es extraño que un mismo aparato puede aceptar dos, tres o más denominaciones. Es bastante común adoptar la designación atendiendo a alguna de sus características adaptadas al caso que se está tratando.

2.6.1.1. ATENDIENDO A SU FUNCIÓN

2.6.1.1.1. VENTILADORES CON ENVOLVENTE

Ventiladores con Envolverte, que suele ser tubular. A su vez pueden ser: Impulsores, Extractores e Impulsores-Extractores. (Escoda, 2018)

2.6.1.1.2. VENTILADORES MURALES

Conocidos también como simplemente Extractores, tienen la función de trasladar aire entre dos espacios separados por un muro o pared.

2.6.1.1.3. VENTILADORES DE CHORRO

Aparatos usados para proyectar una corriente de aire incidiendo sobre personas o cosas.

2.6.1.2. ATENDIENDO A LA TRAYECTORIA DEL AIRE

2.6.1.2.1. VENTILADORES CENTRÍFUGOS

En estos aparatos la trayectoria del aire sigue una dirección axial a la entrada y paralela a un plano radial a la salida. Entrada y salida están en ángulo recto. El rodete de estos aparatos está compuesto de álabes que pueden ser hacia adelante, radiales o atrás. (Escoda, 2018)

2.6.1.2.2. VENTILADORES AXIALES

La entrada de aire al aparato y su salida siguen una trayectoria según superficies cilíndricas coaxiales.

2.6.1.2.3. VENTILADORES TRANSVERSALES

La trayectoria del aire en el rodete de estos ventiladores es normal al eje tanto a la entrada como a la salida, cruzando el cuerpo del mismo.

2.6.1.2.4. VENTILADORES HELICOCENTRÍFUGOS

Son aparatos intermedios a los centrífugos y axiales. El aire entra como en los axiales y sale igual que en los centrífugos.

2.6.1.3. ATENCIÓN A LA PRESIÓN

2.6.1.3.1. VENTILADORES DE BAJA PRESIÓN

Se llaman así a los que no alcanzan los 70 Pascales. Suelen ser centrífugos y por autonomasia se designan así los utilizados en climatizadores.

2.6.1.3.2. MEDIANA PRESIÓN

Si la presión está entre los 70 y 3.000 Pascales. Pueden ser centrífugos o axiales.

2.6.1.3.3. ALTA PRESIÓN

Cuando la presión está por encima de los 3.000 Pascales. Suelen ser centrífugos con rodetes estrechos y de gran diámetro.

2.6.1.4. ATENDIENDO A LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

2.6.1.4.1. VENTILADORES ESTÁNDAR

Son los aparatos que vehiculan aire sin cargas importantes de contaminantes, humedad, polvo, partículas agresivas y temperaturas máximas de 40° si el motor está en la corriente de aire. (Escoda, 2018)

2.6.1.4.2. VENTILADORES ESPECIALES

Son los diseñados para tratar el aire caliente, corrosivo, húmedo etc. O bien para ser instalados en el tejado o dedicados al transporte neumático.

2.6.1.5. ATENDIENDO AL SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

2.6.1.5.1. ACCIONAMIENTO DIRECTO

Cuando el motor eléctrico tiene el eje común, o por prolongación, con el del rodete o hélice del ventilador.

2.6.1.5.2. ACCIONAMIENTO POR TRANSMISIÓN

Como es el caso de transmisión por correas y poleas para separar el motor de la corriente del aire (por caliente, explosivo, etc.).

2.6.1.6. ATENDIENDO AL CONTROL DE LAS PRESTACIONES.

Es el caso de ventiladores de velocidad variable por el uso de reguladores eléctricos, de compuertas de admisión o descarga, modificación del caudal por inclinación variable de los álabes de las hélices, etc.

2.7. EXTRACTORES

Un extractor de humedad es un equipo que funciona con un ventilador interno que aspira el aire con humedad de alguna estancia. La función principal de estos equipos es la de remover las partículas de agua en el ambiente, son mecanismos de control donde el agua se extrae del aire. (GSL, 2021)

2.7.1. TIPOS DE EXTRACTORES

2.7.1.1. EXTRACTORES DE HUMEDAD INDUSTRIALES

Cuentan con un motor más potente y completo que están diseñados para funcionar de forma continua en diversas industrias. Cuenta con una bomba de calor que genera una zona fría y caliente. (GSL, 2021)

2.7.1.2. EXTRACTORES DE HUMEDAD DESECANTES

Este tipo de modelo son los más ligeros ya que no cuentan con un compresor y se les llama así debido a que el aire pasa a través de un material desecante que absorbe toda la humedad. Existen modelos clásicos que se emplean en estancias más pequeñas como baños y el eléctrico está más orientado a un uso dentro de salas y espacios de mayor tamaño. (GSL, 2021)

2.7.1.3. EXTRACTORES SILENCIOSOS

Estos modelos son más utilizados en oficinas o viviendas en las que el ruido puede llegar a ser un inconveniente en los que se recomienda elegir modelos que no superen los 38 decibeles de ruidos.

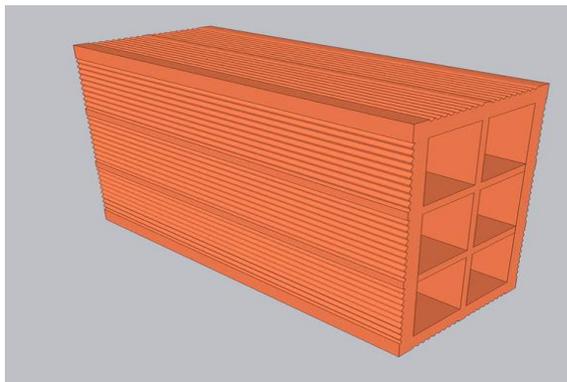
2.7.1.4. EXTRACTOR DE HUMEDAD CON CALEFACCIÓN

Estos modelos sirven como calefacciones que ayudan a reducir el gasto en lugares con humedad relativa alta pues al eliminar la humedad el calor se transmite mejor. (GSL, 2021)

2.8. LADRILLO

El ladrillo de 6 huecos es un tipo de ladrillo que tiene la característica de tener unos orificios pasantes en su interior en sentido longitudinal. El volumen total de los huecos debe ser igual o mayor al 10% del volumen total del ladrillo.

La finalidad de estos orificios es confinarle poco peso al ladrillo, aumentando así la manejabilidad por parte del operario que tabica la pared con él. (Enciclopedia Universal, 2012)

Figura 2-9 Ladrillo de 6 huecos

Fuente: Sketchup, warehouse ladrillera

2.9. NORMATIVA BOLIVIANA

Con respecto a normativa en margen al secado de ladrillos, no existe mucho contenido, pero en parte es posible considerar las siguientes normas:

NB 399 Sistema Internacional de Unidades – SI

De esta norma se obtiene el cuadro de resumen de valoración de unidades de presión

Tabla II-1 Unidades de presión

Unidades SI	Otras Unidades del SI	Unidades Tradicionales
Pa (pascal) * N (newton) *	1 Pa = 1 N/m ² 1 N = 1 kg m/s ²	0,10 kgf/m ² 0,10 kgf
100 Pa 10 000 Pa	1 N/dm ² 1 N/cm ²	0,10 kgf/dm ² 0,10 kgf/cm ²
1 000 000 Pa 1 MPa	1 daN/cm ² = 10 N/cm ² 1 000 000 Pa	1 kgf/cm ²
1 MPa 0,1 MPa	100 N/cm ² 10 N/cm ²	10 kgf/cm ² 1 kgf/cm ²

* Unidades Derivadas SI aprobadas

Fuente: (IBNORCA, NB 1211001:2013, 2015)

NB 1211001: 2013 Ladrillos Cerámicos – Ladrillos Huecos – Clasificación y Requisitos (Quinta Revisión)

NB 1211002: 2013 Ladrillos cerámicos – Métodos de ensayo (Cuarta Revisión)

En ambas normas, se consideran los ladrillos huecos, donde se puede rescatar la clasificación de ladrillos, variación de dimensiones y valoración de fisuras en el secado:

2.9.1. CLASIFICACIÓN DE LADRILLOS

Los ladrillos se pueden clasificar tanto por su uso, como por su terminación.

2.9.1.1. POR SU USO

2.9.1.1.1. LADRILLOS NO PORTANTES O DE RELLENO

Aquellos que cumplen solo funciones de relleno no destinados a resistir cargas verticales estructurales. Estos ladrillos reciben la carga perpendicular a los huecos. (IBNORCA, NB 1211001, 2015)

2.9.1.1.2. LADRILLOS PORTANTES O ESTRUCTURALES

Aquellos aptos para soportar cargas verticales, cumpliendo funciones estructurales. Estos ladrillos reciben la carga paralela a los huecos. (IBNORCA, NB 1211001:2013, 2015)

2.9.1.2. SEGÚN SU TERMINACIÓN

Se clasifica en: Ladrillo cerámico para ser utilizado con cualquier tipo de revestimiento (R) y ladrillo cerámico para ser utilizado a cara vista o sin revestir (V).

2.9.2. VARIACIÓN DE DIMENSIONES

Los ladrillos huecos como tal pueden alcanzar o sufrir variaciones, ya sea por el proceso de secado, manipulación excesiva o quemado, debiendo no ser mayor a los valores mostrado en la siguiente imagen.

Tabla II-2 Tolerancias para características geométricas

TIPO	VARIACION DE LA DIMENSION (1) (máx. en %)			ALABEO (2) (máx. en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (mínima daN/cm ²)	DENSIDAD (mínimo en g/cm ³)
	NORMA TECNICA NACIONAL ITINTEC 331.018					
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
I Alternativamente	± 8	± 6	± 4	10	Sin limite	1,50
					60	Sin limite
II Alternativamente	± 7	± 6	± 4	8	Sin limite	1,60
					70	1,55
III	± 5	± 4	± 3	6	95	1,60
IV	± 4	± 3	± 2	4	130	1,65
V	± 3	± 2	± 1	2	180	1,70

NOTA 1.- La variación de la dimensión se aplica para todas y cada una de las dimensiones del ladrillo y está referida a la dimensiones especificadas.

NOTA 2.- El alabeo se aplica para concavidad o convexidad.

Tabla 2 – Requisitos y tolerancias para las características geométricas

Características Geométricas		Tolerancia
Dimensiones Nominales: Largo, alto y ancho	Ladrillos para revestir (R)	±3%
	Ladrillos a cara vista (V)	±2%
Desviación con relación a la escuadra (D) (máx.)		2%
Desviación con relación a la planicidad de las caras (P) (máx.)		3 mm
Espesor de las paredes interiores y exteriores (mín.)		8mm

Nota: Los fabricantes de Ladrillos cerámicos pueden fabricar en formas y dimensiones diversas, las especificaciones pueden ser acordadas entre el producto y consumidor.

Fuente: Tabla 1 y 2 de NB (IBNORCA, NB 1211002:2013, 2013)

2.9.3. VALORACIÓN DE FISURAS EN EL SECADO

Bajo normativa, la valoración de fisuras no debe exceder un máximo de longitud mencionado en la siguiente figura.

Tabla II-3 Fisuras

Según su determinación	Máxima longitud de fisura, respecto a la dimensión de la pieza, en %	Observación
Ladrillo cerámico para ser utilizado con cualquier tipo de revestimiento (R)	≤20	
Ladrillo cerámico para ser utilizado a cara vista o sin revestir (V)	<5	No se aceptaran fisuras en más de dos (2) caras de diferentes dimensiones.

Fuente: (IBNORCA, NB 1211001, 2015)

CAPITULO III
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. IDENTIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA Y MAQUINARIA

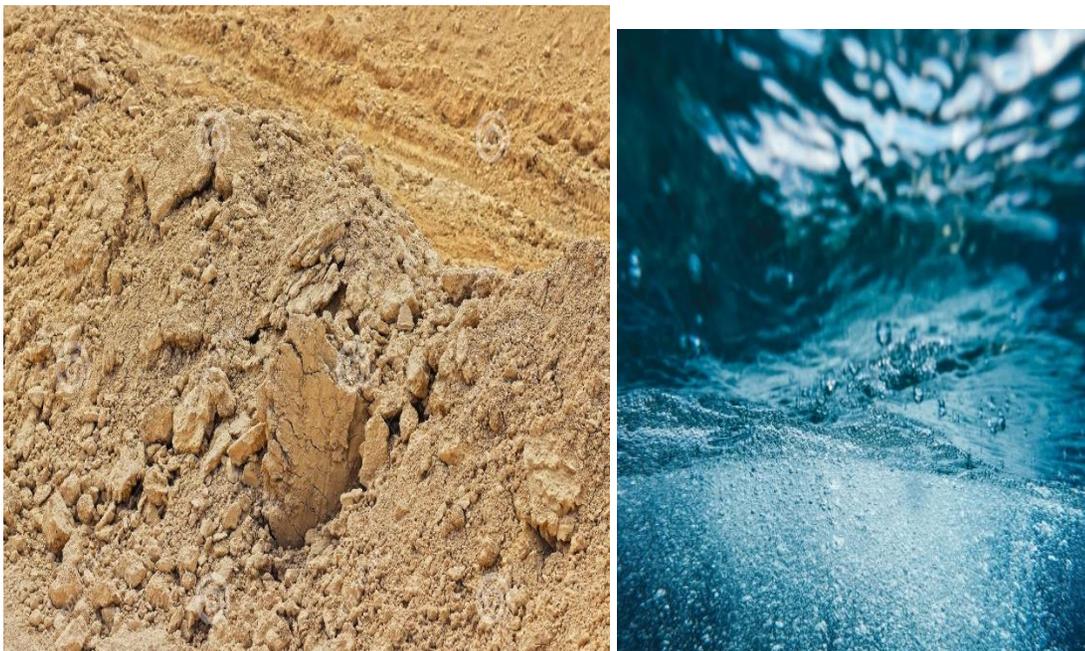
3.1.1. MATERIA PRIMA

La materia prima principal para la producción de ladrillos es la arcilla, la misma es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados, entre ellos sílice, forma parte del mineral arcilloso, en el análisis químico de la arcilla se puede observar que, después de la sílice, otros compuestos que eventualmente pueden estar presentes en la arcilla son alúmina y hierro.

Dependiendo la calidad y cantidad de pureza de la misma, pero la materia prima utilizada en la cerámica posee un 10% de arena y no demuestra cambios genéricos por impurezas.

El agua es la otra parte elemental en la materia prima, ya que, al mezclarse con la arcilla, genera una masa moldeable que serán posteriores ladrillos.

Figura 3-1 Materia prima de la empresa



Fuente: Google Chrome, dreamstime (Dreamstime, 2018)

3.1.2. MAQUINARIA Y EQUIPOS

La cerámica durante el proceso de fabricación de su producto, utiliza una serie de equipos, máquinas y herramientas, siendo las siguientes:

Tabla III-1 Maquinarias y equipos en la producción

ÁREA	MAQUINARIA O EQUIPO	DETALLE
Extracción	Pala cargadora 	Se encarga de la extracción de la materia prima, y de realizar la mezcla de la materia extraída y los moldes no conformes.
Extracción	Volqueta 	Se encarga del traslado de la mezcla de materia prima hacia el espacio de alimentación.
Producción	Caja alimentadora 	La caja alimentadora se encarga del despacho de materia prima hacia la misturadora. Capacidad: 10 Tn / hora
Producción	Misturadora o mezcladora 	La misturadora o mezcladora se encarga de la unión homogénea de la mezcla de arcilla. Capacidad: 10 Tn/hora
Producción	Bomba de Vacío 	La bomba de vacío se encarga de retirar los vacíos existentes en el mezclado y extrusado, para evitar los poros.

Producción	Laminadora 	<p>Está formada por dos cilindros rotatorios lisos montados en ejes paralelos, de 1 a 2 mm, espacio por el cual se hace pasar la arcilla, que hace más pequeñas las partículas.</p>
Producción	Extrusora 	<p>La máquina extrusora es la empleada para dar forma al producto. El moldeado se suele hacer en frío a 45° grados centígrados y a presión reducida.</p>
Producción	Cortadora 	<p>Encargada de dar y cortar el tamaño del ladrillo de acuerdo a especificaciones previas.</p>
Producción	Línea de cintas de transporte 	<p>Las líneas de cintas de transporte se encargada del traslado de la mezcla hacia las diferentes máquinas de transformación.</p>
Producción	Línea automatizada de descarga 	<p>La línea automatizada de descarga de distribución de ladrillos se encarga del traslado de los moldes a su colocado en las parrillas.</p>

Fuente: Elaboración Propia

3.2. DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

3.2.1. DIAGNÓSTICO DE LA CÁMARA DE SECADO

El área de secado, es un espacio cerrado, con una entrada cerrada, permitiendo muy poca pérdida de calor, este posee un riel, por el cual la parrilla o estante es trasladada conforme pase el tiempo hacia el otro extremo. En el interior posee dos espacios de ventiladores móviles, cuya función es la distribución uniforme del calor extraído del horno. En este lugar los ladrillos son secado en un periodo de 8 horas a 24 horas, dependiendo el porcentaje de agua utilizado antes del moldeado.

Fig. 3-2 Cámara de secado de la cerámica



Fuente: Elaboración Propia (tomadas en la cerámica)

Se elabora un diagnóstico técnico del área, considerando los criterios principales de datos, mostrado en las siguientes tablas.

Tabla III-2 Diagnóstico del área de secado parte 1

COMPONENTE	DETALLE
TAMAÑO	
CAPACIDAD	Capacidad Instalada: 12.000 ladrillos/día Producción actual: 16.500 ladrillos/día No satisface la producción actual
CARACTERÍSTICAS FINALES DE LADRILLOS	Ladrillo utilizado: Ladrillo de 6 huecos Altura: 0,18 metros Longitud: 0,24 metros Ancho: 012 metros Peso Nominal: 3,5 Kg Tiempo de secado: 8 horas
DÍAS DE CORTE	Se realiza corte de lunes a sábado y trabajo de la cámara de secado todos los días de lunes a horas de la mañana del día domingo
PERSONAL	
CANTIDAD	1 persona en monta carga y pechado 1 persona en inspección de secado (misma que del horno)
DOCUMENTACIÓN	
MANUALES	No posee manual de funcionamiento, operación o mantenimiento
MANTENIMIENTO	
MANTENIMIENTO REALIZADO	PREVENTIVO: Mes de junio y julio del 2022 CORRECTIVO: Mantenimiento más frecuente, no poseen registros del mismo, pero el ultimo realizado fue en martes 20 de septiembre presente año con el cambio de unas aspas.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla III-3 Diagnóstico del área de secado parte 2

COMPONENTE	DETALLE
INFRAESTRUCTURA	
DIMENSIONES GENERALES	<p>Altura: 3 metros</p> <p>Puertas de acceso: 2 puertas</p> <p>Ancho interno: 4 metros</p> <p>Ancho externo: 4,40 metros</p> <p>Longitud real de la cámara de secado: 55 metros</p> <p>Longitud del espacio destinado: 70 metros</p> <p>Cantidad dentro de la cámara: 24 parrillas</p> <p>Cantidad del espacio destinado: 31 parrillas</p> <p>Dimensión de puerta: apertura hacia afuera de 90° las 2, de 2,70 metros x 2,50 metros</p>
DIMENSIONES DE CARRIL	<p>Longitud: 55 metros</p> <p>Ancho interno: 1,86 metros</p> <p>Perfil utilizado para carril: Perfil en C de 0,05 m y espesor de 0,004 metros</p> <p>Elevación de diferencia: 0,05 metros</p> <p>Espacios: 0,48 metros por lado</p>
DIMENSIONES DE ENTRADA DE CALOR	<p>Cantidad: 45 entradas en total</p> <p>Cantidad Abiertos: 25 entradas</p> <p>Espacio: cada 2 parrillas o 5 metros</p> <p>Ancho: 0,25 metros</p> <p>Longitud: 0,30 metros</p> <p>Alto: 0,25 metros</p> <p>Posición: Caída vertical</p>
DIMENSIONES DE SALIDA DE CALOR	<p>Cantidad de salida de elevación: 3</p> <p>Dimensión de salida entrada: 0,60 metros x 0,60 metros</p> <p>Salida a 1450 rpm tras la primera hora de secado</p> <p>Pérdidas por salida de puertas: en consideraciones de tolerancia aceptada</p>

DIMENSIONES DE ESPACIO PARA TRABAJO DE VENTILADORES	<p>Longitud: 50 metros</p> <p>Ancho: 0,50 metros</p> <p>Tolerancia con la pared: 0,10 metros</p> <p>Perfil de separación: Perfil en C de 0,05 metros x 0,05 metros x 0,004 metros</p>
------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla III-4 Diagnóstico del área de secado parte 3

COMPONENTE	DETALLE
EQUIPOS	
VENTILADORES	<p>Cantidad: 16 en total, 8 por lado</p> <p>Cada ventilador con su propio motor de trabajo</p> <p>Potencia: 0,75 Hp</p> <p>Voltaje: 380 Vol Trifásico</p> <p>Soporte de motor: 0,15 metros</p> <p>1,8 Amp a 2 Amp</p> <p>Velocidad: 1450 rpm</p> <p>Distancia entre ventiladores: 5 metros entre ventiladores</p> <p>Dimensiones: 1,10 metro de diámetro, por un espacio de 0,15 metros de espesor</p> <p>Aspas: de 0,50 metros x 0,10 metros x 0,007 metros</p> <p>Cantidad de aspas: 8 de 3 aspas y 8 de 6 aspas</p> <p>Ubicación: uno arriba (alcanza la altura del peldaño 1) y uno abajo (alcanza peldaño 4), siguiendo la secuencia en ambas partes</p> <p>Tablero de control: al final de la cámara de secado por lado</p> <p>Cada motor posee 4 ruedas de transporte en su carril</p>
MOTORES PARA TRASLADO	<p>Cantidad: 2 motores Metros de avance: 10 metros</p> <p>Potencia: 1,5 Kw</p> <p>Voltaje: 380 Vol Trifásico</p> <p>2 Amp Velocidad: 1470 rpm</p> <p>Frecuencia: 50 Hz Cos(Φ): 0,82</p> <p>Movimiento: de izquierda a derecha consecutivo</p>

EXTRACTORAS DE CALOR	<p>Por inyección de calor saliente de horno, de manera consecutiva desde 15 minutos antes de que entre la primera parrilla.</p> <p>Temperatura de 40°C por entrada</p>
EXTRACTORA DE HUMEDAD	<p>Cantidad: 2 Extractoras</p> <p>Forma: de Arco en caracol, posibilidad de 180° de giro</p> <p>Capacidad: de salida de 20°C, 10 litros/minuto</p> <p>Dimensiones: 0,60 metros de diámetro x 0,30 metros de ancho x 4 metros de longitud</p> <p>Motores: 1,5 KW</p> <p>IP 56</p> <p>380 VOL trifásico</p>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla II-5 Diagnóstico del área de secado parte 4

COMPONENTE	DETALLE
EQUIPO DE TRANSPORTE	
PARRILLAS O ESTANTES	<p>Cantidad de parrillas nuevas: 34 parrillas</p> <p>Parrilla Nueva: 7 peldaños</p> <p>Cargado: Automático</p> <p>Cortado: todos los días</p> <p>Cantidad de parrillas viejas: 11 parrillas</p> <p>Parrilla Vieja: 9 peldaños</p> <p>Cargado: Manual Cortado: 3 días a la semana</p> <p>Dimensiones: Longitud: 2,32 metros</p> <p>Ancho abajo: 1,86 metros</p> <p>Ancho de arriba: 2 metros</p> <p>Alto total: 2,40 metros</p> <p>Alto hasta el séptimo peldaño: 0,55 metros</p> <p>Alto por peldaño: 0,25 metros</p> <p>Material utilizado en abajo: perfil en U 0,04 metros x 0,04 metros x 0,0075 metros</p> <p>Angular 0,04 metros x 0,04 metros x 0,0075 metros</p>

	Carga por parrilla 72 ladrillos por peldaño 504 ladrillos por parrilla nueva 648 ladrillos por parrilla vieja
MONTACARGAS	Cantidad: 1 en Cargado y 1 en descarga Trabajo: 24 horas en requerido Dimensiones: 2,40 METROS x 2,40 metros x 0,35 metros de altura Motor: Trifásico 2,2 Kw-h 1420 rpm 50 Hz Trabajo automático y manual Cos (Φ): 0,82 IP: 56 Capacidad: 120.000 Kg

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. IDENTIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Mencionado de manera anterior en el capítulo de Introducción en el punto 1.2.1, la línea de producción posee una capacidad de 25.000 ladrillos/día y el horno túnel tiene una capacidad de hasta 30.000 ladrillos/día.

Sin embargo, la cámara de secado actual posee una capacidad instalada de 12.000 ladrillos/día, siendo la misma insuficiente para la producción actual de 16.500 ladrillos/día.

Por ende, la cámara de secado es el cuello de botella más importante de la empresa, ubicada en instalaciones de la cerámica, entre el área de pre-horno y la línea de cargado de parrillas automática. Como solución se decide ampliar el área de secado, por medio de una nueva cámara de secado, la cual se debe ubicar en instalaciones de la cerámica.

3.3. ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN

3.3.1. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

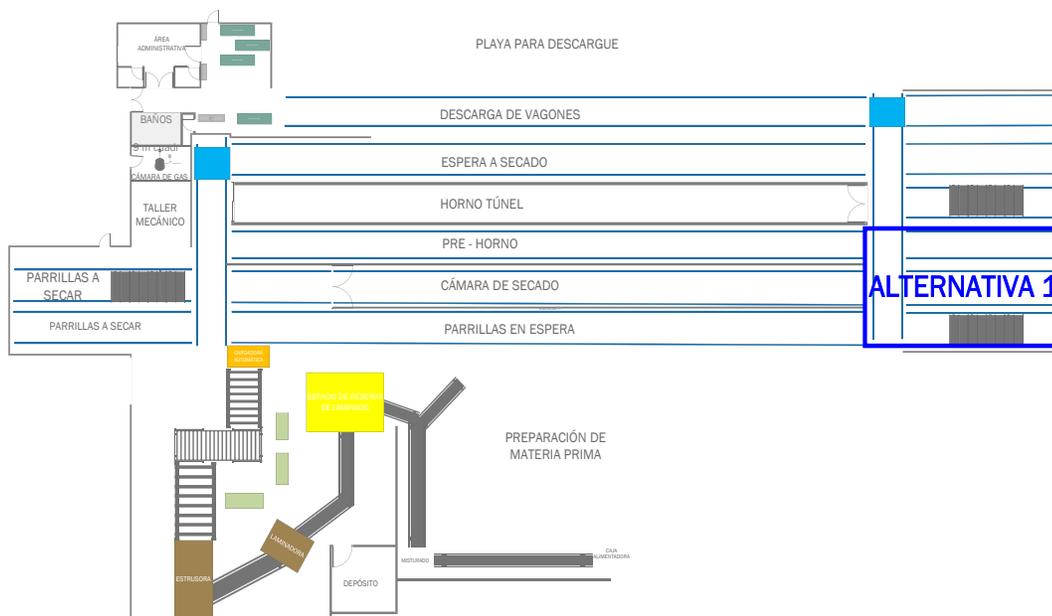
Con el fin de abastecer a la producción actual y ampliar para una necesidad posterior de crecimiento por la demanda se habilita una segunda cámara de secado. Para ello se considera las siguientes alternativas de ubicación:

3.3.1.1. ALTERNATIVA 1

Para la primera alternativa se consideró un espacio que por el momento se utiliza para el cargado de los ladrillos de las parrillas a los vagones antes del cocido, además en este espacio se realiza la supervisión visual y de sonido de los ladrillos ya secados, este cuenta con 3 tramos de carril y cada tramo tiene la capacidad de 3 parrillas.

Tanto las columnas (0,3 metros), como las paredes (altura de 2,5 metros) no son parte de la construcción base, el techado realizado es provisional con calamina. Posee espacio para ventiladores, pero su espacio es corto y no se puede ampliar por atrás, solo a la derecha.

Figura 3-3 Alternativa 1



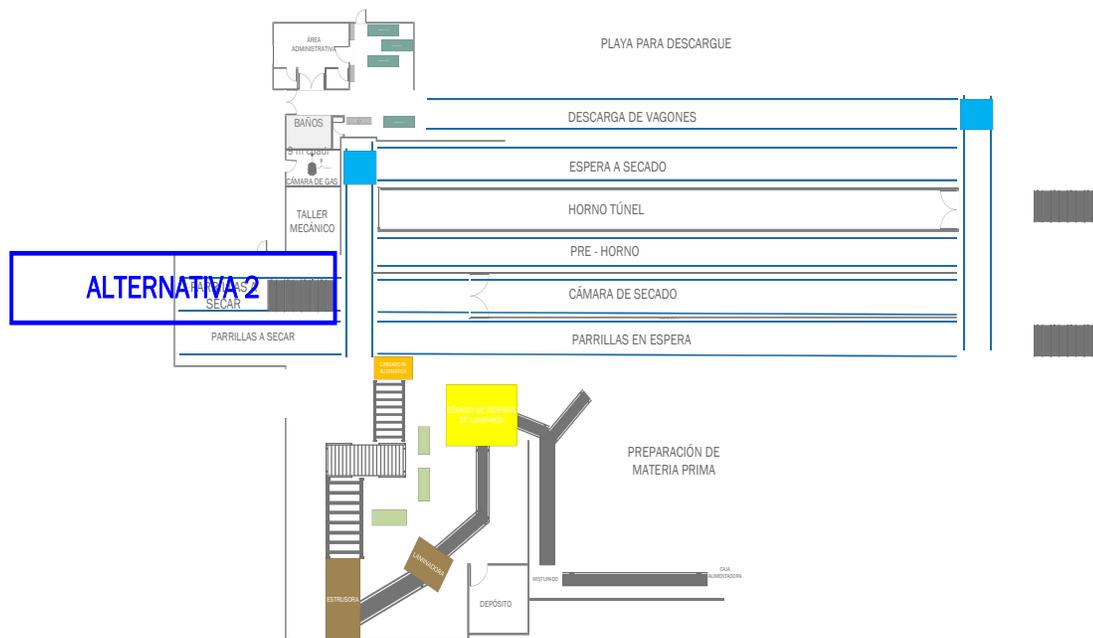
Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.2. ALTERNATIVA 2

La segunda alternativa considera el espacio de espera de secado de las parrillas; uno de los carriles de la alternativa 1 (6 parrillas) y además la ampliación de 5 a 10 metros lineales siendo el mismo cercano a la entrada principal.

Tanto las columnas (0,3 metros), como las paredes (altura de 2,5 metros) no son parte indispensable de la construcción base, el techado realizado es provisional con calamina, pero también se debe considerar la ampliación de techado exterior de esa área.

Figura 3-4 Alternativa 2



Fuente: Elaboración Propia

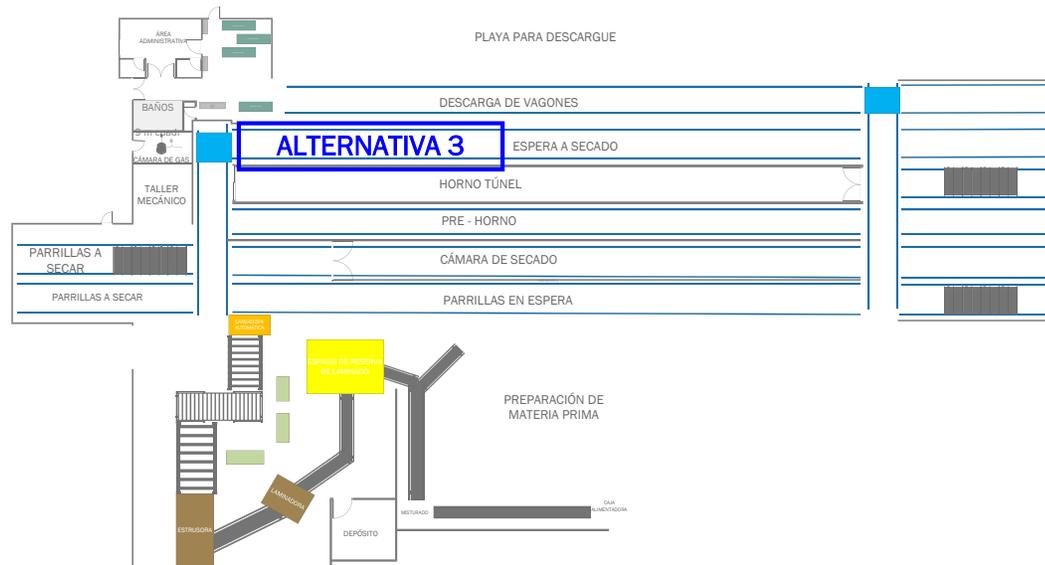
3.3.1.3. ALTERNATIVA 3

La tercera alternativa considerada es un espacio que por el momento solo se utiliza para que las parrillas viejas esperen el secado, existe posibilidad de ampliación hacia la izquierda de 6 carriles, su capacidad es de 28 parrillas por carril.

Si bien las columnas de cercado del lugar son de 0,30 metros, una pared de apoyo a las columnas de 15 metros, no son columnas base de la construcción general, además el

techado es un ampliado provisional de complemento H10. Posee espacio para adaptación de ventiladores y está ubicado al lado del horno.

Figura 3-5 Alternativa 3



Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA

Cuadro comparativo sobre las anteriores alternativas:

Tabla III-6 Cuadro comparativo de alternativas

Alternativa	POSITIVO	NEGATIVO	COMPLEJIDAD
1	Cuenta con 3 tramos de carril y cada tramo tiene la capacidad de 3 parrillas.	Posee espacio para ventiladores, pero su espacio es corto y no se puede ampliar por atrás, solo a la derecha.	Columnas (0,3 metros), las paredes (altura 2,5 metros), techado provisional con calamina.
2	Posee un carril de 6 parrillas y de 5 a 10 metros lineales para ampliación	El techado provisional con calamina.	Considerar ampliación de techado exterior de esa área.

3	La capacidad es de 28 parrillas por carril. Posee espacio para adaptación de ventiladores y está ubicado al lado del horno.		No posee columnas base de la construcción general, además el techado es un ampliado provisional de complemento H10.
----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

Además, se realizó un cuadro comparativo en base a ponderación de características, valorado del 1 al 5, donde 5 es viable y 1 es no viable.

Tabla III-7 Cuadro ponderado de alternativas

Características	Porcentaje	1	Pond 1	2	Pond 2	3	Pond 3
Área disponible, basado en parrillas	40(%)	3	1,2	4	1,6	5	2,0
Espacio para ventiladores	20(%)	4	0,8	3	0,6	4	0,8
Destrucción necesaria de la infraestructura base	30(%)	3	0,9	3	0,9	4	1,2
Construcciones adicionales	10(%)	4	0,4	3	0,3	4	0,4
Ponderación		-	3,30	-	3,40	-	4,40

Fuente: Elaboración Propia

Tras analizar cada alternativa en del cuadro de comparaciones y cuadro de ponderación (de la multiplicación del porcentaje en número decimal por la puntuación de cada alternativa), con su valor parcial de ponderación, se considera a la Alternativa 3 como la más óptima o viable.

CAPÍTULOS IV
INGENIERÍA DEL PROYECTO

4. INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

4.1.1. CINEMÁTICA DE SECADO

Para poder conocer a mayor profundidad la cámara de secado actual, se realizó una toma de datos sobre la cinética de secado con la que se trabaja hoy en día en la cerámica. Para ello, se realizó la toma de un n de 30 por 8 horas a 15 posiciones diferentes de ladrillos en parrilla. En la toma de datos se utilizó un termo higrómetro, balanza, flexómetro, cuaderno y lapicera, además de el cronómetro del celular; con estos elementos se pudo realizar la medición de la temperatura, masa, humedad relativa, altura, longitud y ancho por cada hora en las posiciones de ladrillos correspondiente.

En cada parrilla se realiza el secado de 504 ladrillos, ubicados en siete peldaños respetivamente, cada peldaño posee 72 ladrillos y para poder distinguir los espacios de manera más fácil, se utiliza como referencia la siguiente imagen:

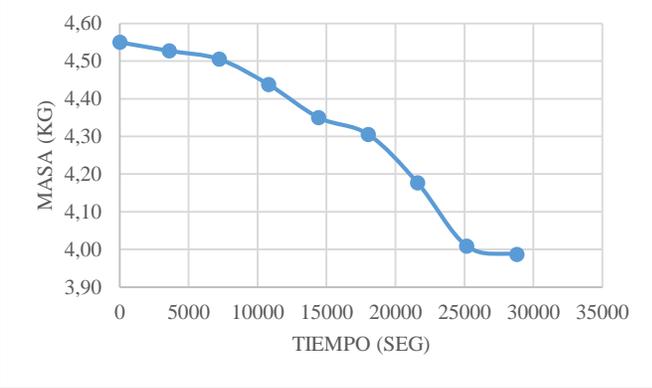
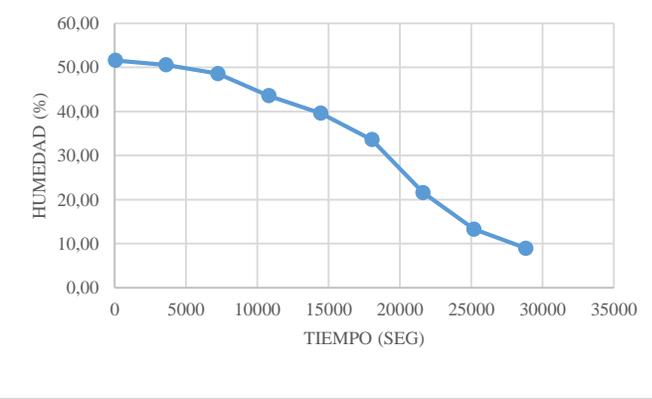
Figura 4-1 Seguimiento de una parrilla

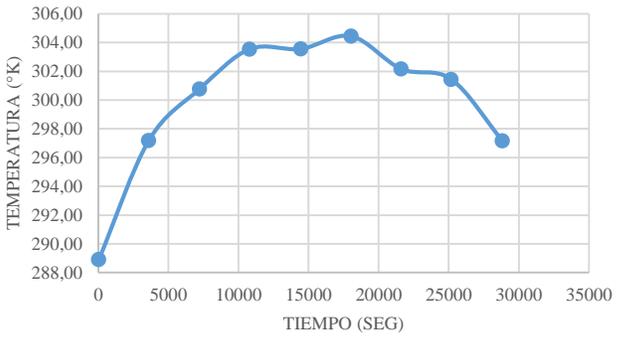
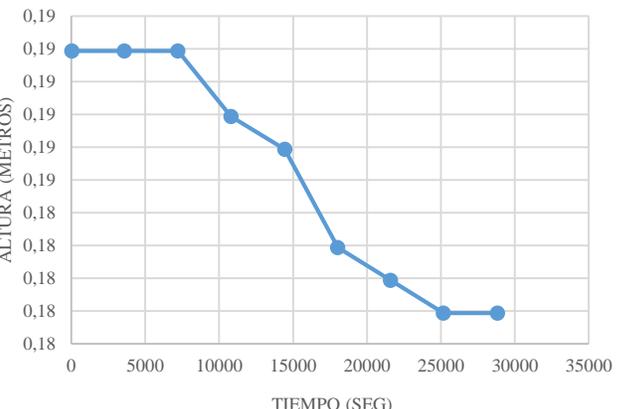
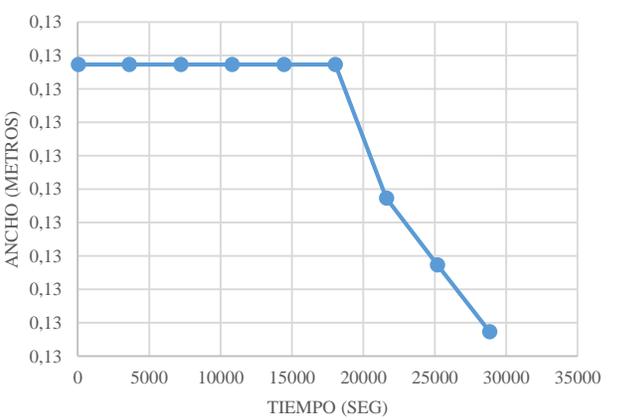


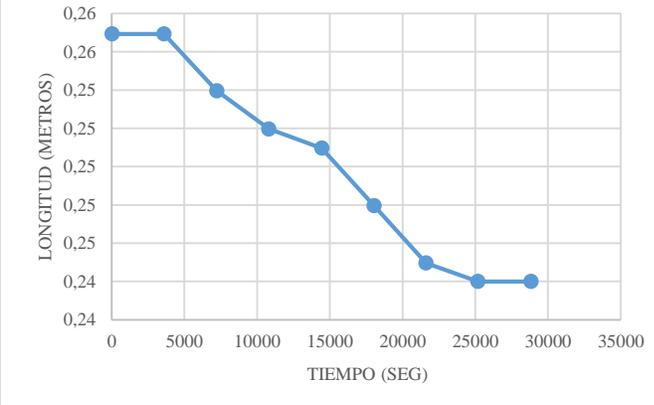
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se podrá apreciar una explicación de lo observado en los 30 días mencionados, cabe recalcar que los datos se encuentran en el **ANEXO 3**, estos cuadros son un resumen de dichos datos.

Tabla IV-1 Resumen de datos

Detalle	Gráfico																
Ubicación	Cada ladrillo tiene su ubicación general en base al peldaño que corresponda y la fila en la que se encuentre.																
<p>Masa</p> <p>Como se podrá apreciar en el gráficos, que la masa sufre una reducción de 0,50 Kg siguiendo una curva relativa con respecto a la teoría.</p>	 <table border="1"> <caption>Data for Masa vs. Tiempo</caption> <thead> <tr> <th>Tiempo (SEG)</th> <th>Masa (KG)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>4.55</td></tr> <tr><td>5000</td><td>4.52</td></tr> <tr><td>10000</td><td>4.50</td></tr> <tr><td>15000</td><td>4.45</td></tr> <tr><td>20000</td><td>4.35</td></tr> <tr><td>25000</td><td>4.20</td></tr> <tr><td>30000</td><td>3.98</td></tr> </tbody> </table>	Tiempo (SEG)	Masa (KG)	0	4.55	5000	4.52	10000	4.50	15000	4.45	20000	4.35	25000	4.20	30000	3.98
Tiempo (SEG)	Masa (KG)																
0	4.55																
5000	4.52																
10000	4.50																
15000	4.45																
20000	4.35																
25000	4.20																
30000	3.98																
<p>Humedad</p> <p>La humedad relativa de ingreso oscila entre el 50% y 55%, la misma debe llegar a ser menor de 10% de humedad.</p>	 <table border="1"> <caption>Data for Humedad vs. Tiempo</caption> <thead> <tr> <th>Tiempo (SEG)</th> <th>Humedad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>52</td></tr> <tr><td>5000</td><td>50</td></tr> <tr><td>10000</td><td>48</td></tr> <tr><td>15000</td><td>45</td></tr> <tr><td>20000</td><td>35</td></tr> <tr><td>25000</td><td>22</td></tr> <tr><td>30000</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	Tiempo (SEG)	Humedad (%)	0	52	5000	50	10000	48	15000	45	20000	35	25000	22	30000	8
Tiempo (SEG)	Humedad (%)																
0	52																
5000	50																
10000	48																
15000	45																
20000	35																
25000	22																
30000	8																

<p>Temperatura</p> <p>La temperatura de trabajo más baja es de 297°K y la más alta es de 305°K, generando una campana casi forme.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIEMPO (SEG)</th> <th>TEMPERATURA (°K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>288,00</td></tr> <tr><td>2500</td><td>297,00</td></tr> <tr><td>5000</td><td>299,00</td></tr> <tr><td>7500</td><td>301,00</td></tr> <tr><td>10000</td><td>303,00</td></tr> <tr><td>12500</td><td>304,00</td></tr> <tr><td>15000</td><td>303,00</td></tr> <tr><td>17500</td><td>304,00</td></tr> <tr><td>18000</td><td>305,00</td></tr> <tr><td>20000</td><td>302,00</td></tr> <tr><td>22500</td><td>301,00</td></tr> <tr><td>25000</td><td>300,00</td></tr> <tr><td>29000</td><td>297,00</td></tr> </tbody> </table>	TIEMPO (SEG)	TEMPERATURA (°K)	0	288,00	2500	297,00	5000	299,00	7500	301,00	10000	303,00	12500	304,00	15000	303,00	17500	304,00	18000	305,00	20000	302,00	22500	301,00	25000	300,00	29000	297,00
TIEMPO (SEG)	TEMPERATURA (°K)																												
0	288,00																												
2500	297,00																												
5000	299,00																												
7500	301,00																												
10000	303,00																												
12500	304,00																												
15000	303,00																												
17500	304,00																												
18000	305,00																												
20000	302,00																												
22500	301,00																												
25000	300,00																												
29000	297,00																												
<p>Alto</p> <p>Se notó casi en un 98% que la entrada de alto es de 0,189 metros y en su mayoría el producto termina con 0,182 metros.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIEMPO (SEG)</th> <th>ALTURA (METROS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0,190</td></tr> <tr><td>2500</td><td>0,190</td></tr> <tr><td>5000</td><td>0,190</td></tr> <tr><td>7500</td><td>0,190</td></tr> <tr><td>10000</td><td>0,189</td></tr> <tr><td>12500</td><td>0,188</td></tr> <tr><td>15000</td><td>0,186</td></tr> <tr><td>17500</td><td>0,184</td></tr> <tr><td>20000</td><td>0,183</td></tr> <tr><td>22500</td><td>0,182</td></tr> <tr><td>25000</td><td>0,182</td></tr> <tr><td>29000</td><td>0,182</td></tr> </tbody> </table>	TIEMPO (SEG)	ALTURA (METROS)	0	0,190	2500	0,190	5000	0,190	7500	0,190	10000	0,189	12500	0,188	15000	0,186	17500	0,184	20000	0,183	22500	0,182	25000	0,182	29000	0,182		
TIEMPO (SEG)	ALTURA (METROS)																												
0	0,190																												
2500	0,190																												
5000	0,190																												
7500	0,190																												
10000	0,189																												
12500	0,188																												
15000	0,186																												
17500	0,184																												
20000	0,183																												
22500	0,182																												
25000	0,182																												
29000	0,182																												
<p>Ancho</p> <p>En todas las posiciones se notó un ancho de entrada de 0,13 metros que comienza a minimizar en la hora 5 o 6.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIEMPO (SEG)</th> <th>ANCHO (METROS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0,130</td></tr> <tr><td>2500</td><td>0,130</td></tr> <tr><td>5000</td><td>0,130</td></tr> <tr><td>7500</td><td>0,130</td></tr> <tr><td>10000</td><td>0,130</td></tr> <tr><td>12500</td><td>0,130</td></tr> <tr><td>15000</td><td>0,130</td></tr> <tr><td>17500</td><td>0,130</td></tr> <tr><td>20000</td><td>0,128</td></tr> <tr><td>22500</td><td>0,126</td></tr> <tr><td>25000</td><td>0,125</td></tr> <tr><td>29000</td><td>0,125</td></tr> </tbody> </table>	TIEMPO (SEG)	ANCHO (METROS)	0	0,130	2500	0,130	5000	0,130	7500	0,130	10000	0,130	12500	0,130	15000	0,130	17500	0,130	20000	0,128	22500	0,126	25000	0,125	29000	0,125		
TIEMPO (SEG)	ANCHO (METROS)																												
0	0,130																												
2500	0,130																												
5000	0,130																												
7500	0,130																												
10000	0,130																												
12500	0,130																												
15000	0,130																												
17500	0,130																												
20000	0,128																												
22500	0,126																												
25000	0,125																												
29000	0,125																												

<p>Longitud</p> <p>En casi todas las posiciones la longitud también siguió una casi curva con declive en la segunda hora de secado.</p>	 <table border="1"> <caption>Data points for Longitud vs Tiempo</caption> <thead> <tr> <th>Tiempo (SEG)</th> <th>Longitud (METROS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0,26</td></tr> <tr><td>5000</td><td>0,26</td></tr> <tr><td>10000</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>15000</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>20000</td><td>0,24</td></tr> <tr><td>25000</td><td>0,24</td></tr> <tr><td>30000</td><td>0,24</td></tr> </tbody> </table>	Tiempo (SEG)	Longitud (METROS)	0	0,26	5000	0,26	10000	0,25	15000	0,25	20000	0,24	25000	0,24	30000	0,24
Tiempo (SEG)	Longitud (METROS)																
0	0,26																
5000	0,26																
10000	0,25																
15000	0,25																
20000	0,24																
25000	0,24																
30000	0,24																
<p>Tiempo</p>	<p>El tiempo entre datos es de aproximadamente 1 hora de diferencia y se tomó datos durante 8 horas más el momento de corte.</p>																

Fuente: Elaboración Propia

Se consideró 15 diferentes posiciones, detallando su ubicación en la siguiente tabla.

Tabla IV-2 Ubicación de cada posición

POSICIÓN	DETALLE
Posición 1	La primera posición se encuentra en el primer peldaño de la parrilla, la ubicación es el primero de la izquierda, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 2	La segunda posición se encuentra en el primer peldaño de la parrilla, la ubicación es el cuarto de la quinta fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 3	La tercera posición se encuentra en el primer peldaño de la parrilla, la ubicación es el sexto en la novena fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 4	La cuarta posición se encuentra en el segundo peldaño de la parrilla, la ubicación es el sexto de la tercera fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 5	La quinta posición se encuentra en el segundo peldaño de la parrilla, la ubicación es el tercero de la décima fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 6	La sexta posición se encuentra en el tercer peldaño de la parrilla, la ubicación es el tercero de la tercera fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 7	La séptima posición se encuentra en el tercer peldaño de la parrilla, la ubicación es el cuarto de la octava fila, con relación a la salida de la cámara de secado.

Posición 8	La octava posición se encuentra en el cuarto peldaño de la parrilla, la ubicación es el primero de la séptima fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 9	La novena posición se encuentra en el cuarto peldaño de la parrilla, la ubicación es el sexto de la doceava fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 10	La décima posición se encuentra en el quinto peldaño de la parrilla, la ubicación es el sexto de la sexta fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 11	La onceava posición se encuentra en el quinto peldaño de la parrilla, la ubicación es el segundo de la doceava fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 12	La doceava posición se encuentra en el sexto peldaño de la parrilla, la ubicación es el tercero de la sexta fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 13	La posición número trece se encuentra en el sexto peldaño de la parrilla, la ubicación es el quinto de la segunda fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 14	La posición número catorce se encuentra en el séptimo peldaño de la parrilla, la ubicación es el primero de la quinta fila, con relación a la salida de la cámara de secado.
Posición 15	La posición número quince se encuentra en el séptimo peldaño de la parrilla, la ubicación es el cuarto de la doceava fila, con relación a la salida de la cámara de secado.

Fuente: Elaboración Propia

Todos los datos ya mencionados se encuentran en el **ANEXO 3** más sus gráficas de cada posición. Casi todas las características siguieron una gráfica igual o paralela, a excepción de la característica Temperatura, que en las posiciones 1, 2, 3, 5 y 15 mostraron una variación de la curva.

La siguiente tabla comparativa muestra los datos de cada posición en referencia al tiempo, la misma posee datos en grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) y segundos (seg).

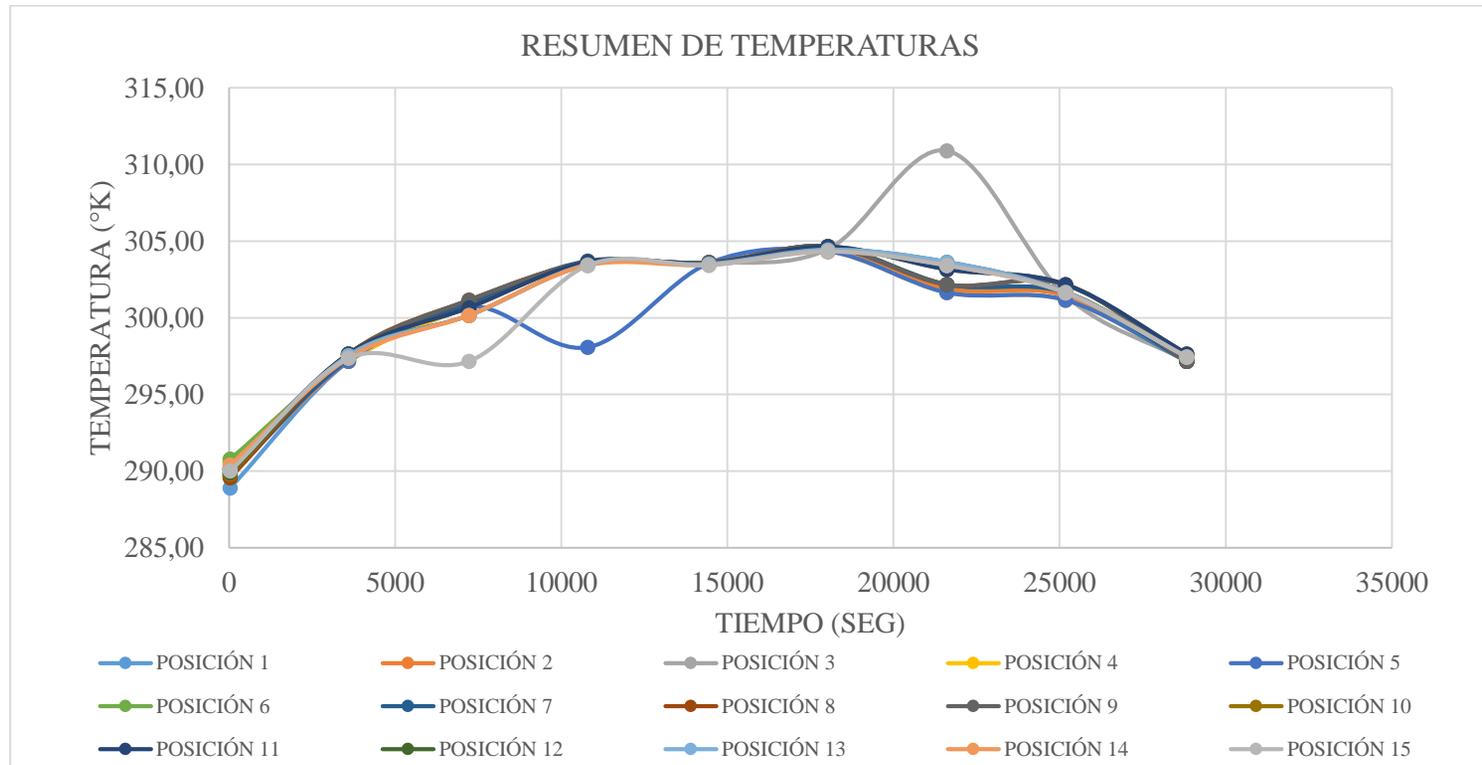
Tabla IV-3 Resumen de característica temperatura

Tiempo	POSICIÓN 1	POSICIÓN 2	POSICIÓN 3	POSICIÓN 4	POSICIÓN 5	POSICIÓN 6	POSICIÓN 7	POSICIÓN 8	POSICIÓN 9	POSICIÓN 10	POSICIÓN 11	POSICIÓN 12	POSICIÓN 13	POSICIÓN 14	POSICIÓN 15
SEG	$^{\circ}\text{K}$														
Tiempo	Temperatura														
34	288,910	289,737	290,580	290,607	290,167	290,790	289,667	289,570	289,893	289,817	290,153	289,897	290,083	290,400	290,023
3598	297,183	297,163	297,163	297,163	297,163	297,340	297,340	297,650	297,650	297,650	297,650	297,563	297,547	297,367	297,367
7222	300,773	300,750	300,750	300,757	300,757	300,947	300,947	301,160	301,160	300,660	300,660	300,160	300,160	300,160	297,163
10800	303,547	303,557	303,563	303,550	298,077	303,560	303,700	303,613	303,613	303,640	303,640	303,463	303,463	303,417	303,417
14442	303,553	303,560	303,560	303,557	303,557	303,550	303,560	303,617	303,617	303,567	303,567	303,510	303,510	303,433	303,433
18028	304,443	304,473	304,473	304,327	304,327	304,660	304,660	304,647	304,647	304,637	304,637	304,440	304,440	304,327	304,327
21610	302,157	301,887	310,887	301,643	301,643	302,163	302,163	302,170	302,170	303,153	303,153	303,633	303,633	303,413	303,413
25182	301,443	301,443	301,443	301,150	301,150	301,640	301,640	302,167	302,167	302,160	302,160	301,673	301,673	301,623	301,623
28830	297,167	297,167	297,167	297,160	297,160	297,160	297,160	297,167	297,167	297,650	297,650	297,457	297,457	297,440	297,440

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente figura muestra las curvas de cada posición, demostrando la existencia de variaciones en la temperatura dependiendo la posición. Cabe destacar que la misma muestra gráficas en función a tiempo (segundos) y temperatura ($^{\circ}\text{K}$).

Figura 4-2 Gráfica de resumen de temperatura



Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica se puede apreciar a las posiciones que varían con relación a las curvas definidas, pero aún se encuentran en las tolerancias permitidas de la norma NB 1211002: 2013, siendo la variación más grande de 5 (°K) generando una elevación en la curva de la posición 3.

Además, se realizó gráficas comparativas con respecto a todas las características mencionadas anteriormente.

La siguiente tabla comparativa muestra los datos de cada posición en referencia al tiempo, la misma posee datos de masa, Kilogramos (Kg) y segundos (seg).

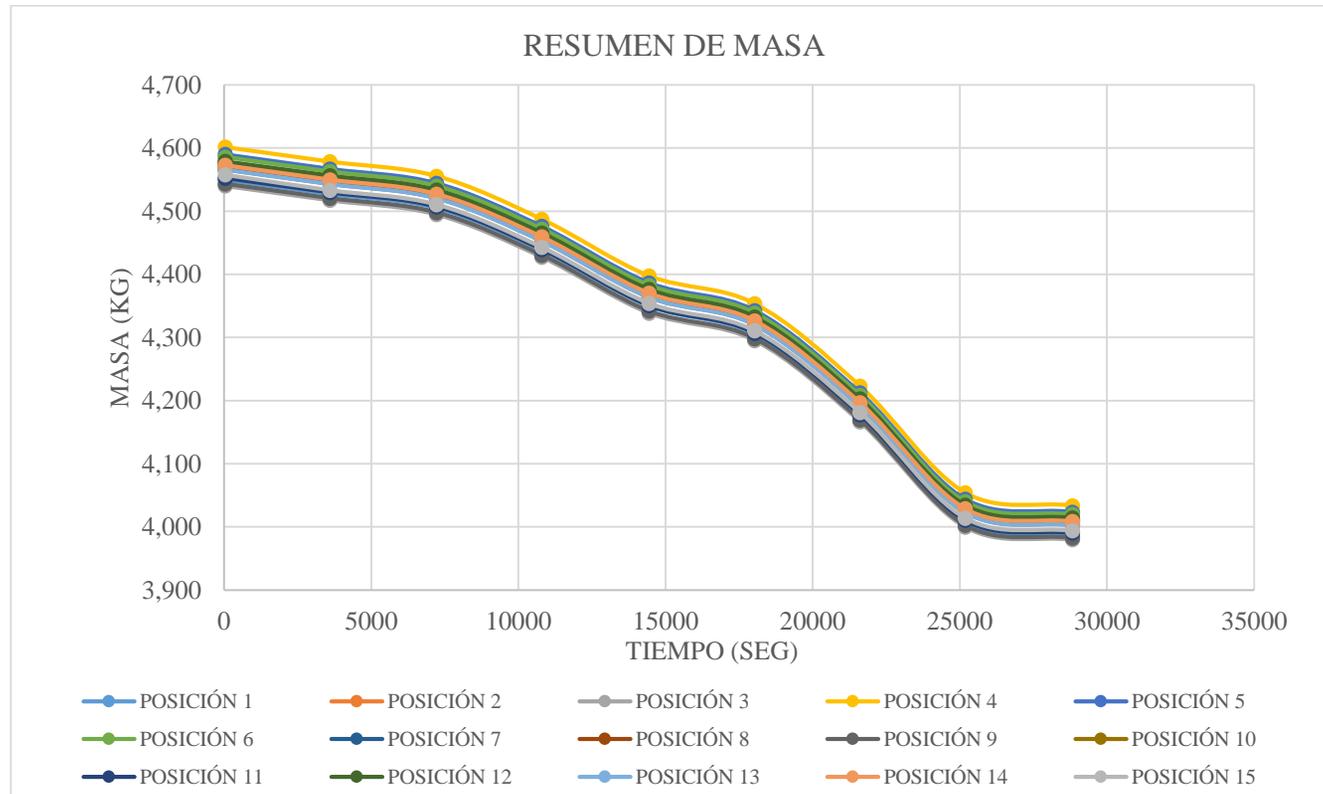
Tabla IV-4 Resumen de característica masa

Tiempo	POSICIÓN 1	POSICIÓN 2	POSICIÓN 3	POSICIÓN 4	POSICIÓN 5	POSICIÓN 6	POSICIÓN 7	POSICIÓN 8	POSICIÓN 9	POSICIÓN 10	POSICIÓN 11	POSICIÓN 12	POSICIÓN 13	POSICIÓN 14	POSICIÓN 15
SEG	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg									
Tiempo	Masa	Masa	Masa	Masa	Masa	Masa									
34	4,550	4,571	4,540	4,601	4,590	4,586	4,576	4,566	4,543	4,575	4,552	4,579	4,566	4,573	4,558
3598	4,527	4,548	4,517	4,578	4,567	4,563	4,553	4,543	4,520	4,552	4,530	4,557	4,543	4,550	4,533
7222	4,505	4,526	4,495	4,556	4,544	4,540	4,530	4,521	4,498	4,529	4,507	4,534	4,520	4,527	4,511
10800	4,438	4,458	4,427	4,487	4,476	4,472	4,462	4,453	4,430	4,461	4,439	4,466	4,452	4,459	4,443
14442	4,350	4,369	4,339	4,397	4,386	4,382	4,373	4,364	4,342	4,372	4,350	4,376	4,363	4,370	4,354
18028	4,305	4,325	4,295	4,353	4,343	4,338	4,329	4,320	4,298	4,328	4,307	4,333	4,320	4,326	4,311
21610	4,176	4,195	4,166	4,223	4,212	4,208	4,199	4,191	4,169	4,198	4,178	4,203	4,190	4,197	4,181
25182	4,009	4,027	4,000	4,054	4,044	4,040	4,031	4,023	4,003	4,030	4,011	4,035	4,023	4,029	4,014
28830	3,986	4,007	3,980	4,034	4,024	4,020	4,011	4,003	3,983	4,010	3,991	4,014	4,002	4,009	3,994

Fuente: Elaboración Propia

Los datos mostrados pertenecen a cada una de las posiciones desarrolladas en el proyecto con respecto del tiempo.

Figura 4-3 Gráfica de resumen de masa



Fuente: Elaboración Propia

El grafico mostrados representan las curvas de los datos obtenidos para la característica masa, la misma cuenta con caídas de curvas relativamente iguales o paralelas entre sí, siendo que no existió datos demasiado elevados.

La siguiente tabla comparativa muestra los datos de cada posición en referencia al tiempo, la misma posee datos de humedad relativa (%) y segundos (seg).

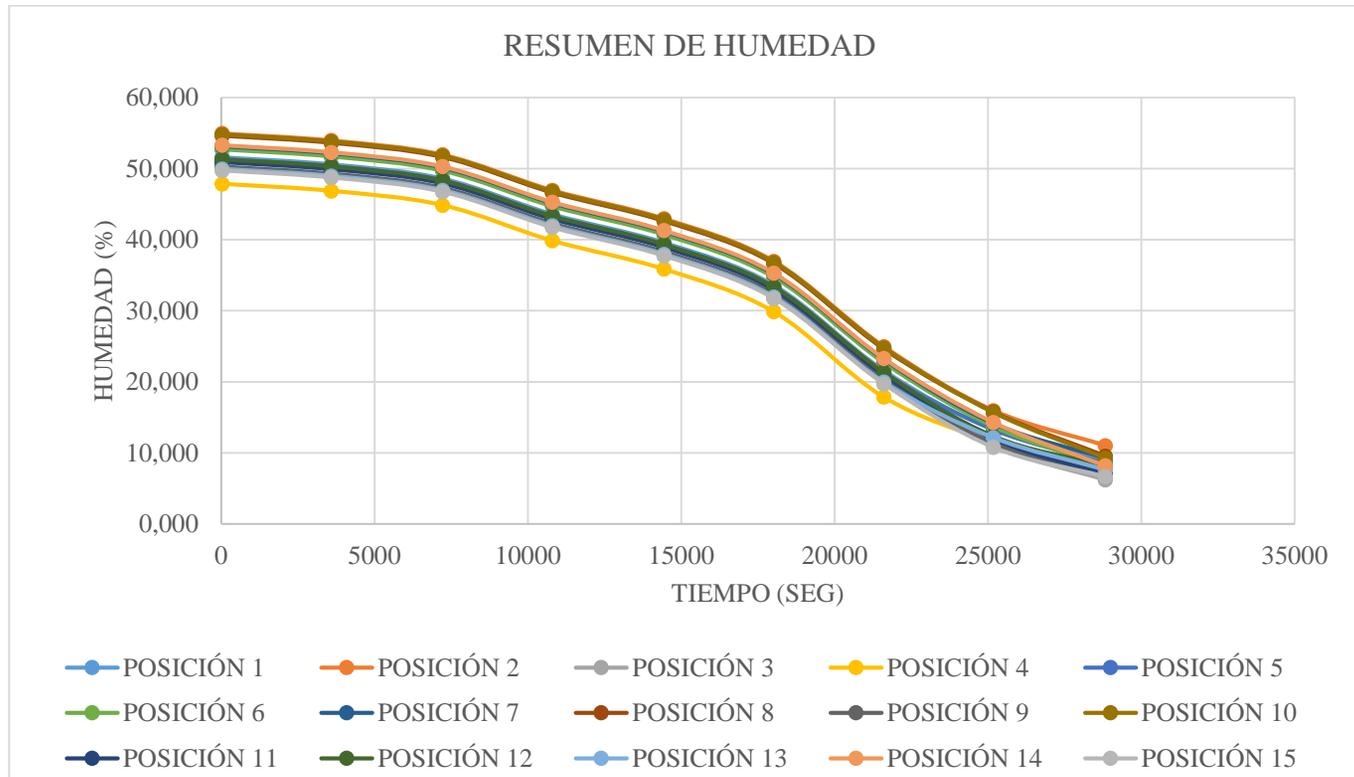
Tabla IV-5 Resumen de característica humedad relativa

Tiempo	POSICIÓN 1	POSICIÓN 2	POSICIÓN 3	POSICIÓN 4	POSICIÓN 5	POSICIÓN 6	POSICIÓN 7	POSICIÓN 8	POSICIÓN 9	POSICIÓN 10	POSICIÓN 11	POSICIÓN 12	POSICIÓN 13	POSICIÓN 14	POSICIÓN 15
SEG	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Tiempo	Humedad	Humedad	Humedad	Humedad	Humedad	Humedad									
34	51,600	54,967	49,967	47,867	51,300	52,700	53,167	54,633	50,300	54,800	50,933	51,333	49,967	53,300	49,733
3598	50,600	53,967	48,967	46,867	50,300	51,700	52,167	53,633	49,300	53,800	49,933	50,333	48,967	52,300	48,733
7222	48,600	51,967	46,967	44,867	48,300	49,700	50,167	51,633	47,300	51,800	47,933	48,333	46,967	50,300	46,733
10800	43,600	46,967	41,967	39,867	43,300	44,700	45,167	46,633	42,300	46,800	42,933	43,333	41,967	45,300	41,733
14442	39,600	42,967	37,967	35,867	39,300	40,700	41,167	42,633	38,300	42,800	38,933	39,333	37,967	41,300	37,733
18028	33,600	36,967	31,967	29,867	33,300	34,700	35,167	36,633	32,300	36,800	32,933	33,333	31,967	35,300	31,733
21610	21,600	24,967	19,967	17,867	21,300	22,700	23,167	24,633	20,300	24,800	20,933	21,333	19,967	23,300	19,733
25182	13,300	15,967	11,033	11,533	13,300	13,700	14,167	15,767	11,300	15,700	11,933	12,333	12,133	14,300	10,800
28830	8,967	11,033	6,233	6,900	8,500	8,167	9,267	9,567	7,133	9,300	7,000	8,167	7,633	8,200	6,667

Fuente: Elaboración Propia

Los datos mostrados pertenecen a cada una de las posiciones desarrolladas en el proyecto con respecto del tiempo.

Figura 4-4 Gráfica de resumen de humedad relativa



Fuente: Elaboración Propia

El grafico mostrados representan las curvas de los datos obtenidos para la característica humedad relativa, la misma cuenta con caídas de curvas relativamente iguales o paralelas entre sí, siendo que no existió datos demasiado elevados pero la posición 4 tubo datos relativamente menores a causa del cambio de humedad en el estrusado.

La siguiente tabla comparativa muestra los datos de cada posición en referencia al tiempo, la misma posee datos de altura en metros (m) y segundos (seg).

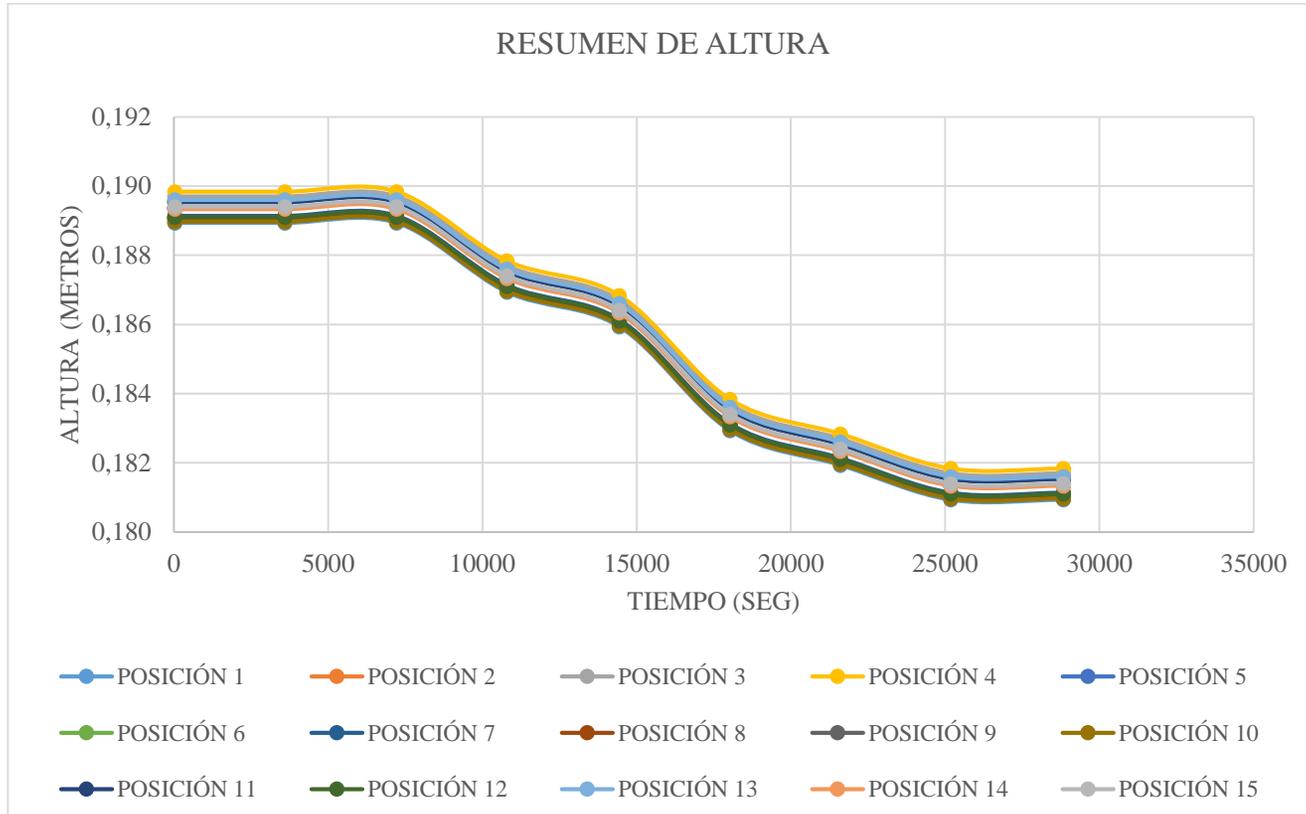
Tabla IV-6 Resumen de característica altura

Tiempo	POSICIÓN 1	POSICIÓN 2	POSICIÓN 3	POSICIÓN 4	POSICIÓN 5	POSICIÓN 6	POSICIÓN 7	POSICIÓN 8	POSICIÓN 9	POSICIÓN 10	POSICIÓN 11	POSICIÓN 12	POSICIÓN 13	POSICIÓN 14	POSICIÓN 15
SEG	MT	MT	MT	MT	MT	MT									
Tiempo	Altura	Altura	Altura	Altura	Altura	Altura									
34	0,189	0,189	0,190	0,190	0,189	0,190	0,189	0,189	0,189	0,189	0,190	0,189	0,190	0,189	0,189
3598	0,189	0,189	0,190	0,190	0,189	0,190	0,189	0,189	0,189	0,189	0,190	0,189	0,190	0,189	0,189
7222	0,189	0,189	0,190	0,190	0,189	0,190	0,189	0,189	0,189	0,189	0,190	0,189	0,190	0,189	0,189
10800	0,187	0,187	0,188	0,188	0,187	0,188	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,188	0,187	0,188	0,187
14442	0,186	0,186	0,187	0,187	0,186	0,187	0,186	0,186	0,186	0,186	0,186	0,187	0,186	0,187	0,186
18028	0,183	0,183	0,184	0,184	0,183	0,184	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183	0,184	0,183	0,184	0,183
21610	0,182	0,182	0,183	0,183	0,182	0,183	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,183	0,182	0,183	0,182
25182	0,181	0,181	0,182	0,182	0,181	0,182	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,182	0,181	0,182	0,181
28830	0,181	0,181	0,182	0,182	0,181	0,182	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181	0,182	0,181	0,182	0,181

Fuente: Elaboración Propia

Los datos mostrados pertenecen a cada una de las posiciones desarrolladas en el proyecto con respecto del tiempo.

Figura 4-5 Gráfica de resumen de altura



Fuente: Elaboración Propia

El grafico mostrados representan las curvas de los datos obtenidos para la característica altura, la misma cuenta con caídas de curvas relativamente iguales o paralelas entre sí, siendo que no existió datos demasiado elevados.

La siguiente tabla comparativa muestra los datos de cada posición en referencia al tiempo, la misma posee datos de ancho en metros (m) y segundos (seg).

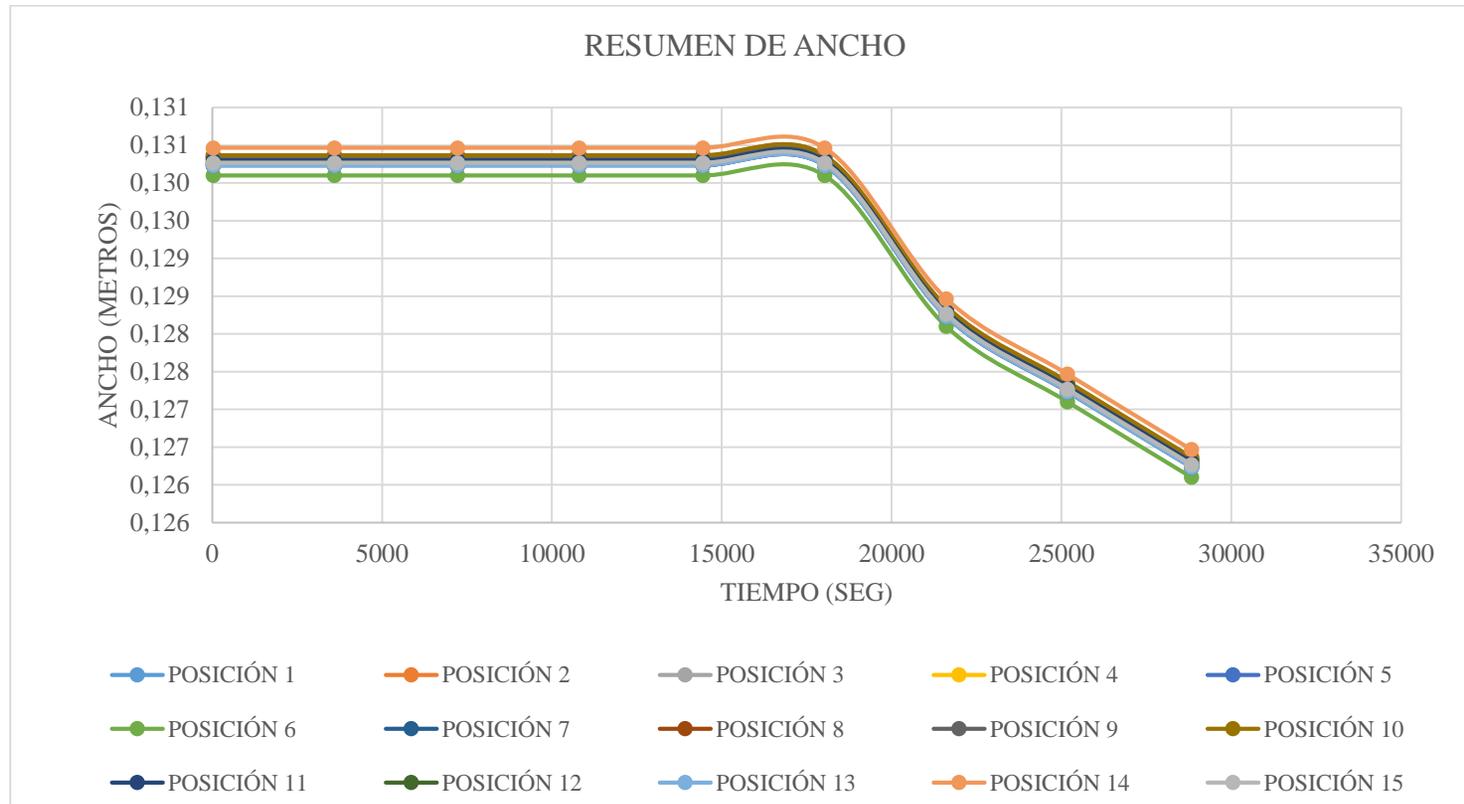
Tabla IV-7 Resumen de característica ancho

Tiempo	POSICIÓN 1	POSICIÓN 2	POSICIÓN 3	POSICIÓN 4	POSICIÓN 5	POSICIÓN 6	POSICIÓN 7	POSICIÓN 8	POSICIÓN 9	POSICIÓN 10	POSICIÓN 11	POSICIÓN 12	POSICIÓN 13	POSICIÓN 14	POSICIÓN 15
SEG	MT	MT	MT	MT	MT	MT									
Tiempo	Ancho	Ancho	Ancho	Ancho	Ancho	Ancho									
34	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
3598	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
7222	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
10800	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
14442	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
18028	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
21610	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128	0,128
25182	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
28830	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126	0,126

Fuente: Elaboración Propia

Los datos mostrados pertenecen a cada una de las posiciones desarrolladas en el proyecto con respecto del tiempo.

Figura 4-6 Gráfica de resumen de ancho



Fuente: Elaboración Propia

El grafico mostrados representan las curvas de los datos obtenidos para la característica ancho, la misma cuenta con caídas de curvas relativamente iguales o paralelas entre sí, siendo que no existió datos demasiado elevados pero la posición 6 logró datos relativamente menores a causa del cambio de molde.

La siguiente tabla comparativa muestra los datos de cada posición en referencia al tiempo, la misma posee datos de longitud en metros (m) y segundos (seg).

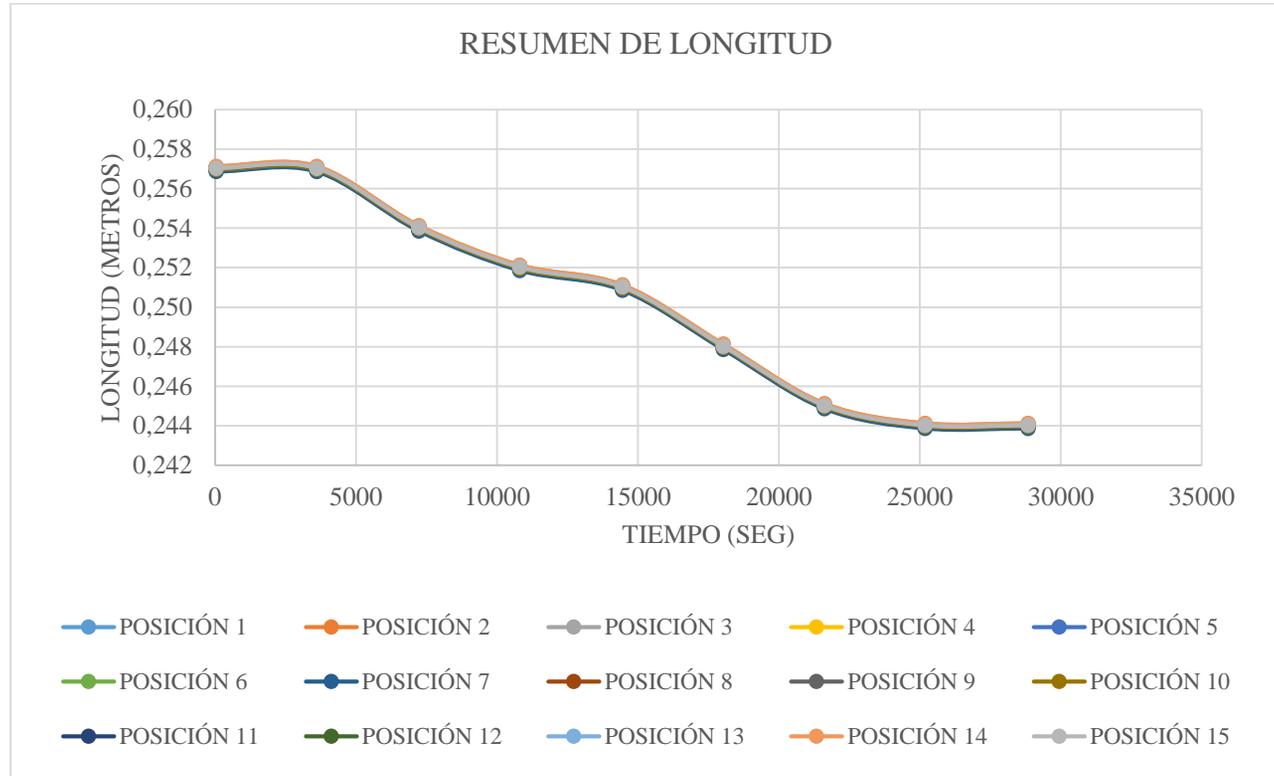
Tabla IV-8 Resumen de característica longitud

Tiempo	POSICIÓN 1	POSICIÓN 2	POSICIÓN 3	POSICIÓN 4	POSICIÓN 5	POSICIÓN 6	POSICIÓN 7	POSICIÓN 8	POSICIÓN 9	POSICIÓN 10	POSICIÓN 11	POSICIÓN 12	POSICIÓN 13	POSICIÓN 14	POSICIÓN 15
SEG	MT	MT	MT	MT	MT	MT									
Tiempo	Longitud	Longitud	Longitud	Longitud	Longitud	Longitud									
34	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257
3598	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257
7222	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254	0,254
10800	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252	0,252
14442	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251	0,251
18028	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248
21610	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245
25182	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244
28830	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244

Fuente: Elaboración Propia

Los datos mostrados pertenecen a cada una de las posiciones desarrolladas en el proyecto con respecto del tiempo.

Figura 4-7 Gráfica de resumen de longitud



Fuente: Elaboración Propia

Los gráficos mostrados representan las curvas de los datos obtenidos para la característica ancho que cumplió casi en un 97% con el paralelismo de las curvas de caída.

Como conclusión de los datos tomados se obtiene que:

Tabla IV-9 Cuadro de resultados

CUADRO DE RESULTADOS	
CANTIDAD LADRILLOS	DE 20 a 24 parrillas 504 ladrillos por parrilla
DIMENSIONES LADRILLOS	DE DIMENSIONES ENTRADA 0,257 X 0,131 X 0,189 metros error admisible (+-3%) DIMENSIONES SALIDA 0,245 X 0,126 X 0,182 metros error admisible (+-3%)
TIEMPO	(8 +-0,2) horas
TEMPERATURA	mínima 25 °C máxima 40 °C error admisible (+-2)°C
HUMEDAD	humedad de entrada (50+-3) % humedad de salida (12+-5)%
MASA	masa de entrada 4.500 KG masa de salida 4.000 KG error admisible (+-0,050) KG

Fuente: Elaboración propia

Se ha determinado trabajar con los siguientes valores para lograr un mejor proceso de secado, tras la obtención de datos en el punto anterior y revisado los puntos de variación.

Se estableció una temperatura máxima de 40°C, pero con la consideración de que se trabaje a 36°C en condiciones reales. Además, todas las tolerancias y errores admisibles coordinan en función de la **NB 1211002: 2013** Ladrillos cerámicos – Métodos de ensayo (Cuarta Revisión).

4.1.2 TEMPERATURAS DE TRABAJO

Para el diseño de la cámara de secado, se identifica a las temperaturas con las que funcionará. Temperatura de la cámara de secado = 313,15°K

Esta temperatura se eligió conociendo la temperatura con la que trabaja la cámara de secado actual, siendo de 304,15°K, considerando una máxima posibilidad de entrada de calor, además bajo la Norma Bolivia **NB 1211002: 2013** Ladrillos cerámicos – Métodos de ensayo (Cuarta Revisión), se mantiene menor o igual a 60°C o 333,15°K, por lo que no requiere de revestimiento interno.

Además, se considera la temperatura del ambiente, tomando el promedio de temperaturas anual de la Ciudad de Tarija, obtenido en la página web de Senamhi.

Temperatura de la Ciudad de Tarija = 17°C o 290,15°K.

4.1.3. CAPACIDAD NECESARIA DE PRODUCCIÓN DE LADRILLO

Al dar inicio al diseño de la cámara de secado, se hizo énfasis en la sobre exigencia de 4.500 ladrillos por día, tras el diagnóstico de la cámara de secado actual se consideró aumentar 2.500 ladrillos más, además, con su necesidad de demanda se volvió a modificar la cantidad.

Estableciendo así una capacidad de 10.080 ladrillos por día, o en su defecto 20 parrillas de 504 ladrillos cada una, como dato adicional la longitud total prevista es de 47,3 metros.

4.2. CÁLCULO DE CALOR Y ESPACIO

4.2.1. CÁLCULO TÉRMICO

4.2.1.1. MASA DE AGUA Y MASA DE AIRE

El balance de materia para la masa de aire necesaria pertenece a la ecuación (3).

$$m_{aire} = \frac{m_t C_{Parcilla} (T_2 - T_1) - m_{H_2O} (h_2 - u_1)}{C_{Paire} (T_2 - T_1)} \quad (10)$$

Donde para hallar la masa de aire se requiere obtener la masa de parrillas:

$$m_{parrillas} = 80 \text{ Kg} \times 20 \text{ parrillas}$$

$$m_{parrillas} = 1.600,00 \text{ Kg}$$

$$m_{cámara\ secado} = 10.080 \text{ ladrillos} \times 4,50 \text{ Kg/ladrillo}$$

$$m_{cámara\ secado} = 45.360,00 \text{ Kg}$$

La masa de la cámara de secado es de 45.360,00 Kg, en consideración de la cantidad de ladrillos que tiene capacidad de secado.

La ecuación (4) se obtiene la masa total en Kilogramos, de los estantes y la cámara de secado.

$$m_t = (m_{parrillas} + m_{cámara\ secado}) \quad (11)$$

$$m_t = (m_{parrillas} + m_{cámara\ secado})$$

$$m_t = 1.600,00 \text{ Kg} + 45.360,00 \text{ Kg}$$

$$m_t = 46.960,00 \text{ Kg}$$

También se procede a calcular la masa de agua contenida en los ladrillos.

$$m_{H_2O} = (m_{ladrillo\ entrada} - m_{ladrillos\ salida}) \times N^\circ \text{ ladrillos}$$

$$m_{H_2O} = (4,5 \text{ Kg} - 4 \text{ Kg}) \times 10.080$$

$$m_{H_2O} = 5.040,00 \text{ Kg}$$

Luego se procede a colocar todos los datos en la ecuación (3) para obtener la masa del aire.

$$m_{aire} = \frac{m_t C_{parrilla} (T_2 - T_1) - m_{H_2O} (h_2 - u_1)}{C_{parrilla} (T_2 - T_1)}$$

$$m_{aire} = \frac{46.960 * 0,20 * (40 - 17) - 5.040 * (167,57 - 71,38)}{0,25 * (40 - 17)}$$

$$m_{aire} = 46.744,63 \text{ Kg}$$

Entonces, con esos datos se procede a calcular el volumen del aire:

$$v = \frac{m}{\rho} = \frac{46.744,63 \text{ Kg}}{1,0223 \text{ Kg/m}^3}$$

$$v = 45.724,96 \text{ m}^3$$

Se obtiene 45.724,96 m³ de volumen.

4.2.1.2. CÁLCULO DEL CALOR SENSIBLE

Se calculó el calor sensible del bloque debido a que se le suministra calor por lo cual este aumenta su temperatura, para ello se utiliza a la ecuación (5).

$$Q_s = Q_{camara \ secado} C_p \Delta T \quad (12)$$

$$Q_s = 45.360,00 * 1 * (40 - 17)$$

$$Q_s = 1.043.280,00 \text{ KJ}$$

Se obtiene 1.043.280,00 KJ de calor sensible debido el suministro de calor del ladrillo.

4.2.1.3. CÁLCULO DE CALOR POR CONVECCIÓN

La ecuación (1) permite obtener el calor de transferencia de calor por convección:

$$Q' = h * A * (T_f - T_{so}) \quad (13)$$

Para el cálculo de calor por convección se utiliza el valor de h=10 (Kcal/m²°C)

$$Q' = 10 * (4,36 \times 46,7) * (40 - 17)$$

$$Q' = 46.830,76 \text{ Kcal}$$

Transformando de Kcal a KJ

$$Q' = 46.830,76 \text{ Kcal} * 4,18 \text{ KJ/Kcal}$$

$$Q' = 195.752,58 \text{ KJ}$$

Se obtiene 195.752,58 KJ necesarios para la transferencia de calor por convección.

4.2.1.3. CÁLCULO DEL CALOR LATENTE

Se determinó el calor latente de la masa de arcilla, por medio de la ecuación (6).

$$Q_{latente} = m_{H_2O} h_{fg} \quad (14)$$

$$Q_{latente} = 5.040,00 \text{ Kg} * 2.406,7 \text{ KJ/Kg}$$

$$Q_{latente} = 12.129.768,00 \text{ KJ}$$

Se obtiene 12.129.768,00 KJ de calor latente de la masa de arcilla.

4.2.1.4. CALOR ÚTIL EN LA CÁMARA DE SECADO

El calor útil es aprovechado por el material, y es la suma del calor sensible, el calor latente y convección, se utiliza la ecuación (7).

$$Q_{util} = Q_s + Q_{latente} + Q' \quad (15)$$

$$Q_{util} = 1.043.280,00 \text{ KJ} + 12.129.768,00 \text{ KJ} + 195.752,58 \text{ KJ}$$

$$Q_{util} = 13.368.800,58 \text{ KJ}$$

El calor útil necesario para abastecer la nueva cámara y considerando las pérdidas se obtiene 13.368.800,58 KJ.

4.2.2. CAUDAL

Transformando el calor útil de KJ a Kcal

$$Q_{util} = 13.368.800,58 \text{ KJ} / 4,18 \text{ Kcal/KJ}$$

$$Q_{util} = 3.198.277,65 \text{ (Kcal)}$$

En la cámara de secado necesitará de 8 horas. Para el caudal de la cámara de secado se utiliza la ecuación (8).

$$Caudal = \frac{Q_{util}}{Hr} \quad (16)$$

$$Caudal = \frac{Q_{util}}{Hr} = \frac{3.198.277,65 \text{ (Kcal)}}{8 \text{ (Hr)}}$$

$$Caudal = 399.784,71 \text{ (Kcal/h)}$$

El caudal necesario de trabajo es de 399.784,71 (Kcal) por hora.

4.3. DIMENSIONES DE OBRAS CIVILES

4.3.1. VOLUMEN TOTAL LADRILLOS

Con la característica de dimensiones de ladrillo de 6 huecos, se obtiene el volumen del ladrillo húmedo.

$$V_{\text{ladrillo húmedo}} = h_{\text{altura}} \times S_{\text{ancho}} \times L_{\text{longitud}}$$

$$V_{\text{ladrillo húmedo}} = 0,189(m) \times 0,131(m) \times 0,257(m)$$

$$V_{\text{ladrillo húmedo}} = 0,006363(m^3)$$

Cálculo de volumen por parrilla.

$$V_{\text{por parrilla}} = V_{\text{ladrillo húmedo}} \times \text{Cantidad en parrilla}$$

$$V_{\text{por parrilla}} = 0,006363(m^3) \times 504$$

$$V_{\text{por parrilla}} = 3,207 (m^3)$$

Cálculo del volumen de la parrilla.

$$V_{\text{Parrilla}} = h_{\text{altura}} \times S_{\text{ancho}} \times L_{\text{longitud}}$$

$$V_{\text{Parrilla}} = 1,85 (m) \times 2 (m) \times 2,32 (m)$$

$$V_{\text{Parrilla}} = 8,584 (m^3)$$

Cálculo de volumen de producción por día

$$V_{\text{Producción}} = V_{\text{Parrilla}} \times \text{Cantidad de parrillas}$$

$$V_{\text{Producción}} = 8,584 (m^3) \times 20$$

$$V_{\text{Producción}} = 171,68 (m^3)$$

Con este dato se valorará la dimensión especificada en planos.

4.3.2. VOLUMEN CÁMARA

Las dimensiones de la cámara de secado permiten que 20 parrillas puedan ser secadas al mismo tiempo, las zapatas poseen 1,5 metros de cada lado, con 3 metros de profundidad. Columnas de 0,3 metros en cuadrado. Además, de 4,5 metros de paredes de ladrillo echado y la viabilidad de 2 puertas automáticas en cada extremo.

La cantidad de entradas de calor extraído designado es de 20 (10 por lado cercano al ventilador), con dimensiones de 0,30 metros en cuadrado. Cabe destacar que según la Norma Boliviana la diferencia de altura en las parrillas se encuentra en el promedio, ya que se permite de 23 a 26 cm de separación por peldaño.

A continuación, se muestra en el cuadro a detalle lo requerido.

Tabla IV-10 Dimensiones de la cámara de secado

CARACTERÍSTICA	DIMENSIONES
LONGITUD	Longitud Interna 46,7 metros Longitud Externa 47,3 metros
ANCHO	Ancho Interno 4,36 metros Ancho Externo 4,96 metros
ALTURA	De 2,60 metros

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de volumen total de cámara de secado

$$V_{camara} = h_{altura} \times S_{ancho} \times L_{longitud}$$

$$V_{camara} = 2,60 (m) \times 4,36(m) \times 46,7(m)$$

$$V_{camara} = 529,39 (m^3)$$

4.3.3. COEFICIENTE DE LLENADO

Para obtener una mayor eficiencia, el volumen de la cámara debe ser tan cercano como sea posible a un cubo. Una forma de medir esta eficiencia es por medio del valor de la

relación llamado "coeficiente de llenado", el cual es igual al cociente entre el volumen de ladrillos, por medio de la ecuación (9).

$$\text{Coeficiente de llenado} = \frac{\text{volumen ladrillos}}{\text{volumen cámara}} \quad (17)$$

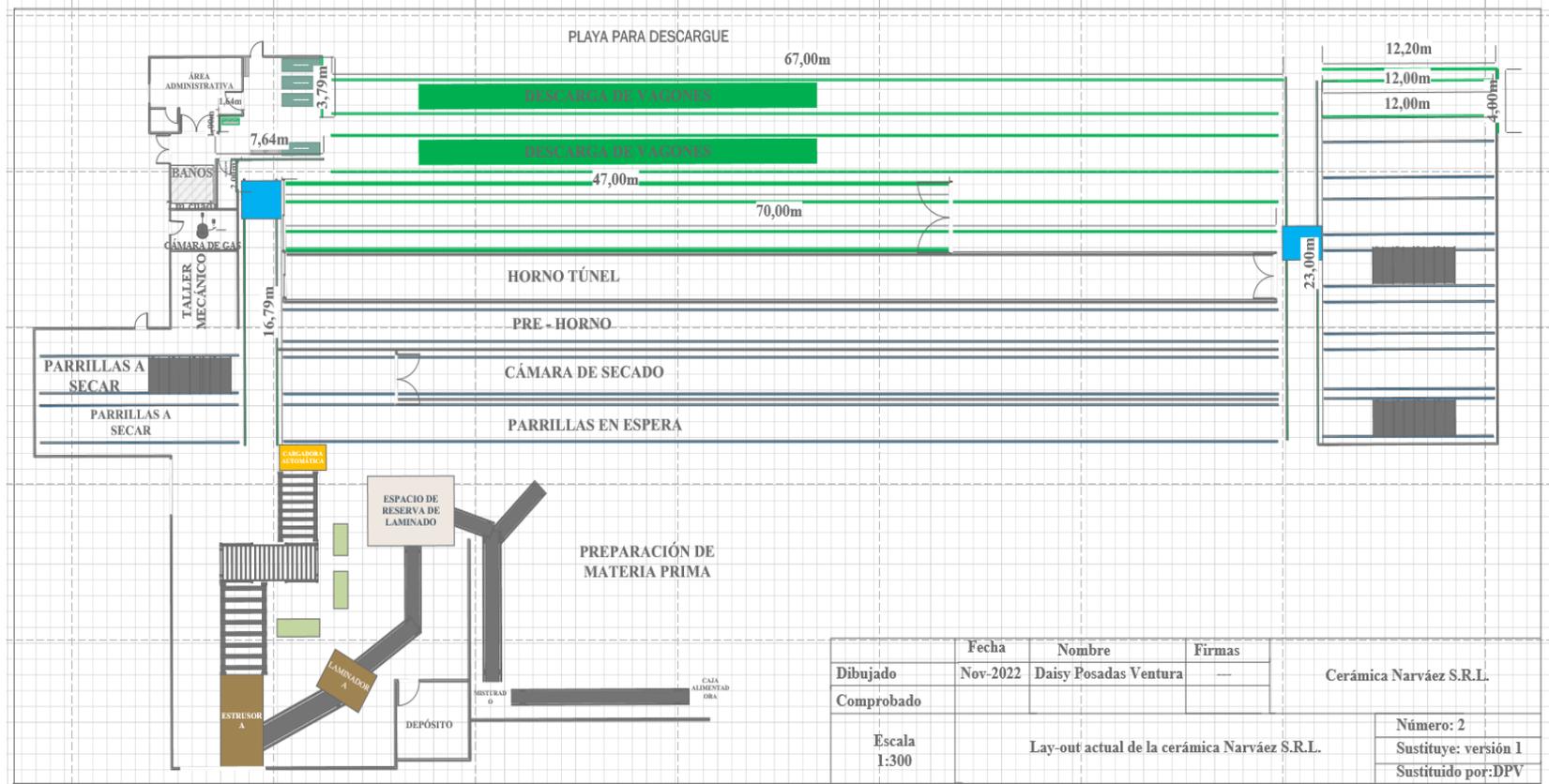
$$\frac{\text{volumen ladrillos}}{\text{volumen cámara}} = \text{Entre } 0,30 \text{ a } 0,50$$

$$\frac{\text{volumen ladrillos}}{\text{volumen cámara}} = \frac{171,68 \text{ (m}^3\text{)}}{529,39 \text{ (m}^3\text{)}} = 0,3243$$

La instalación es viable, se encuentra entre los parámetros, pero tener en cuenta que es un número bajo de coeficiente de llenado.

4.4. DISEÑO DEL PLANO MODIFICADO

Figura 4-8 Diseño de plano modificado

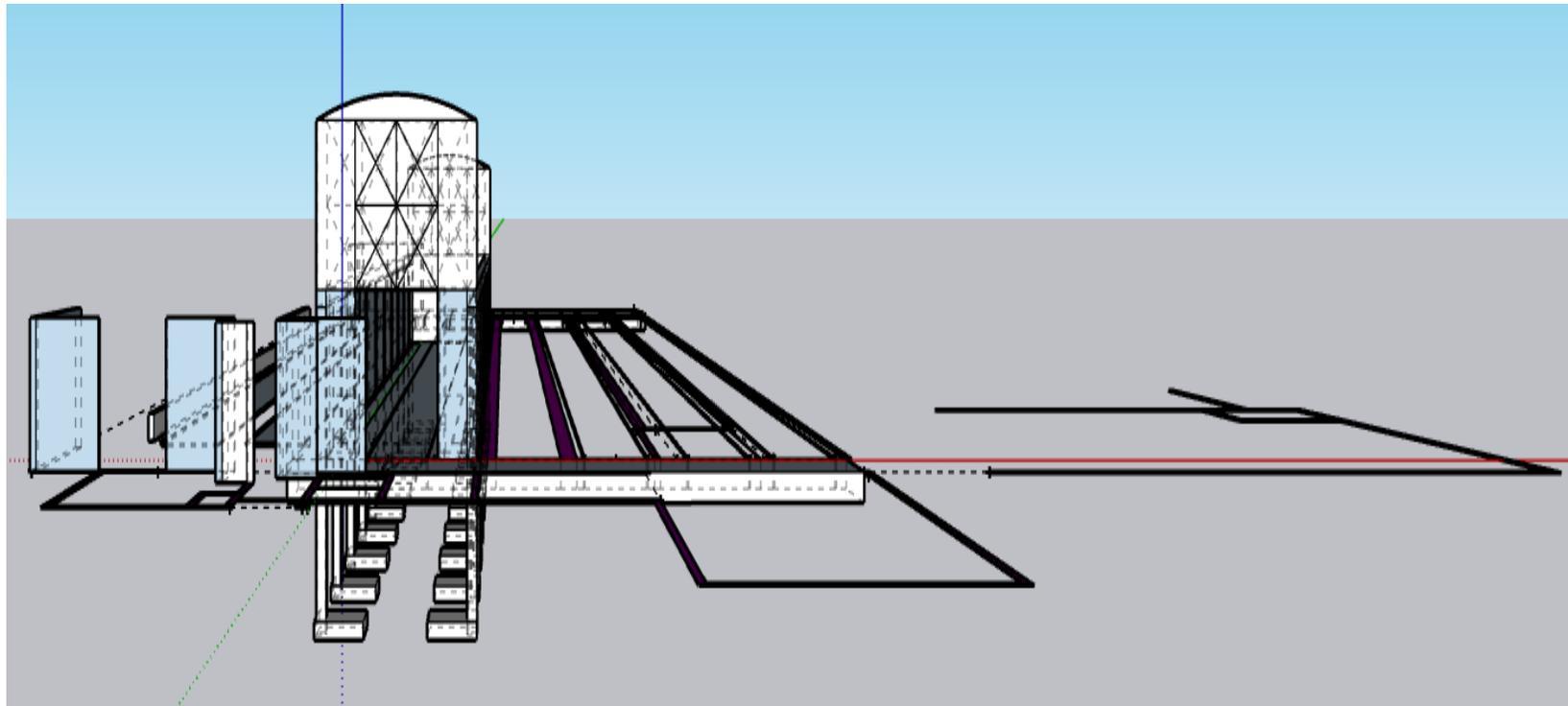


Fuente: Elaboración Propia (La parte de color verde es la ampliación)

La figura anterior fue elaborada en la Aplicación Visio, permitiendo el plano el 2D.

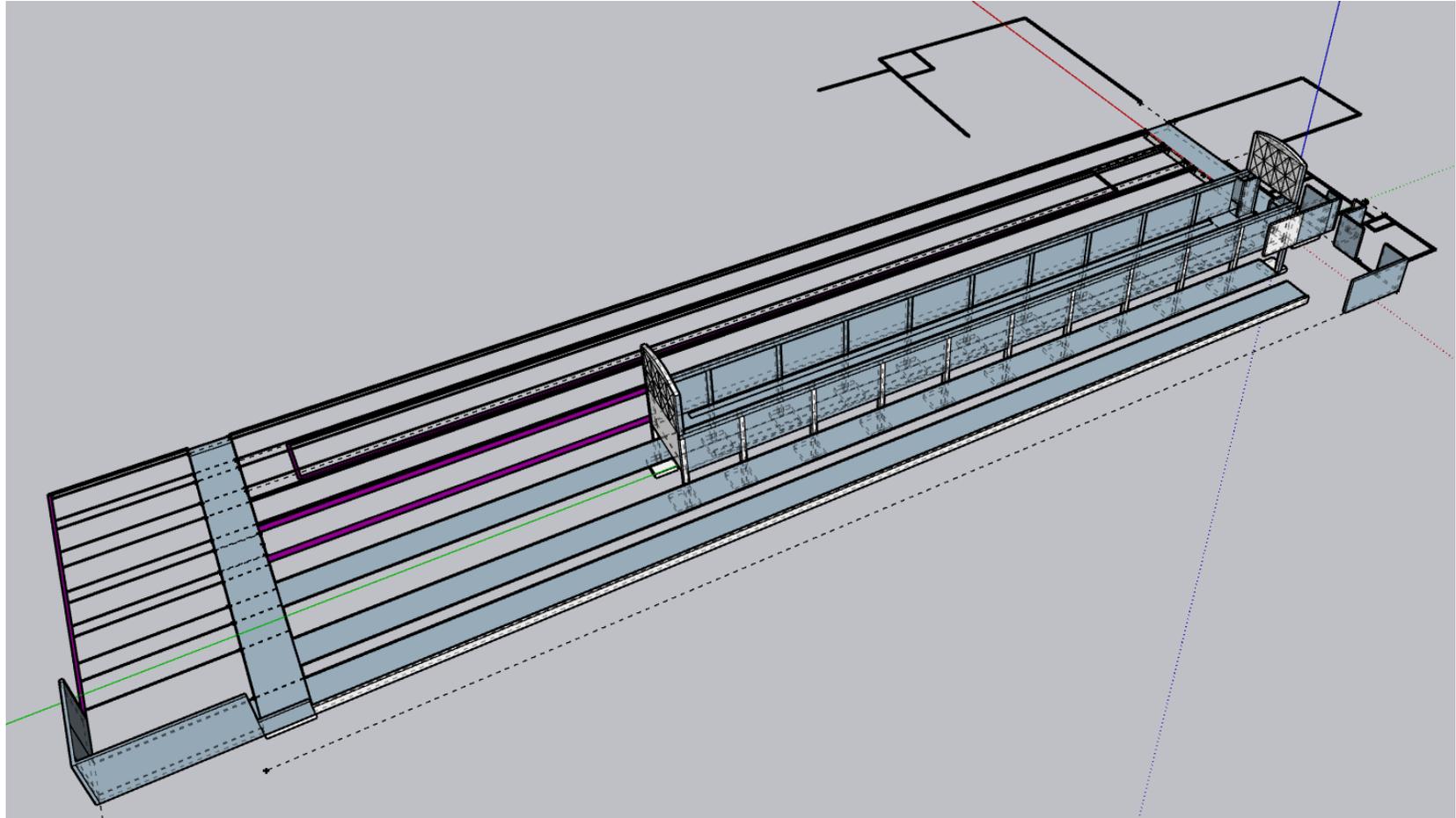
Las siguientes figuras fueron elaboradas en la aplicación Sketch-up, para la posible visualización en 3D, las líneas moradas y los planos sin elevamiento son construcción que ya existen en la empresa y que no son parte de este proyecto.

Figura 4-9 Diseño de plano modificado en 3d



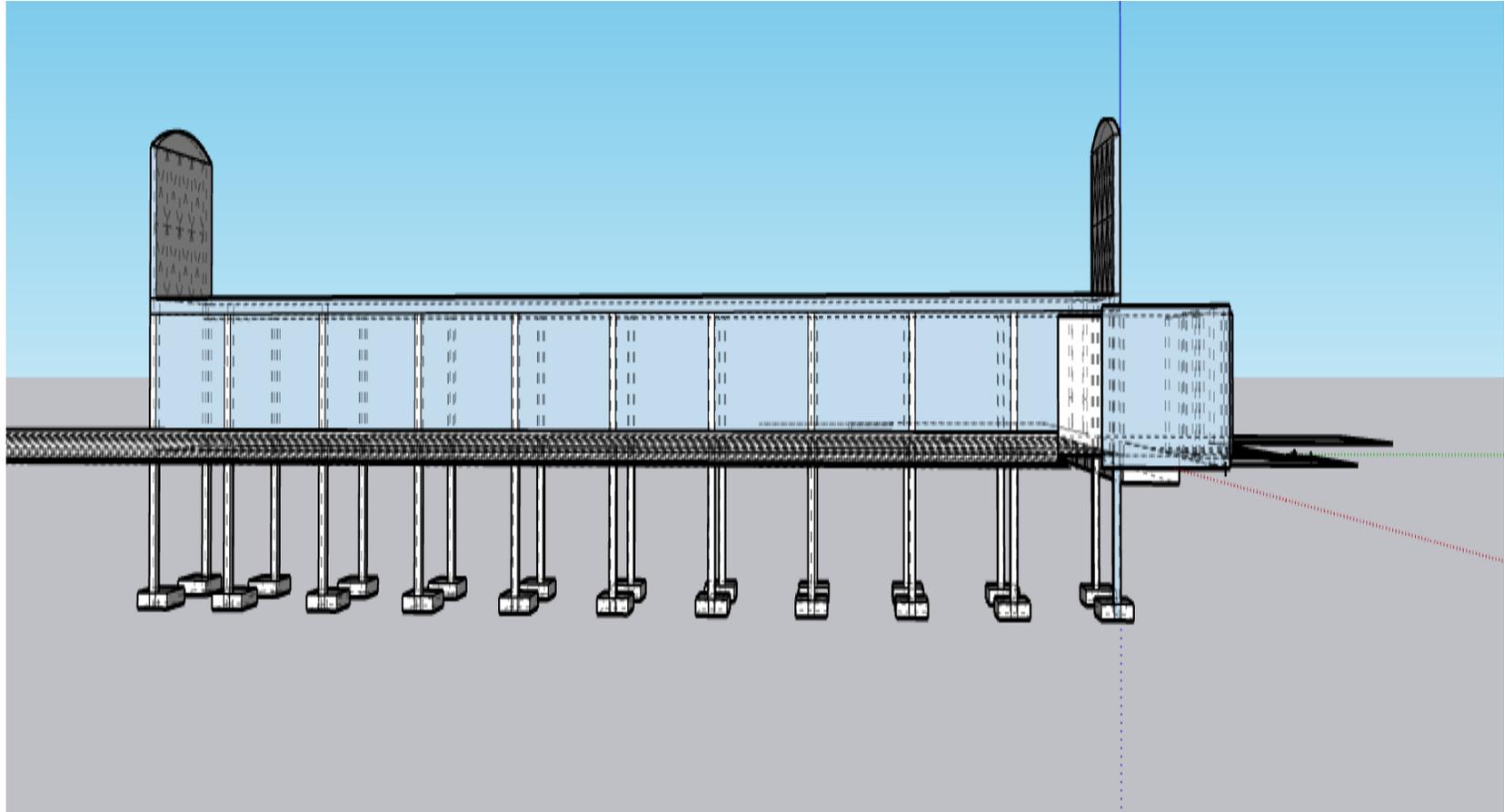
Fuente: Elaboración Propia (Área construida)

Figura 4-10 Diseño de plano modificado en 3d vista a 45°



Fuente: Elaboración Propia (Área construida)

Figura 4-11 Diseño de plano modificado en 3d vista lateral derecho



Fuente: Elaboración Propia (Área construida)

4.5.MAQUINARIA Y EQUIPOS NECESARIOS

Para los equipos más importantes se realizó una ficha técnica, con los requerimientos necesarios para el proyecto. Para la adquisición de los ventiladores se considera: Las revoluciones por minuto establecida en la empresa en no mayor a 1470 rpm.

La atmósfera standard $p_s = 760$ mm de columna de mercurio y $T_s = 20^\circ\text{C}$ La densidad normal del aire es $\rho_0 = 1,293$ kg/m³.

4.5.1. VENTILADORES

Para los ventiladores se consideró el caudal de trabajo y el volumen que existe en los ladrillos y en el espacio interno de la cámara de secado, dando lugar a la adquisición de 12 ventiladores industriales en columna (6 por lado), cada uno de 6 aspas helicoidales.

Se decide trabajar con el ventilador combinado de columna permite mejor secado e impulsión del aire hacia la parrilla, estos ventiladores pueden funcionar en automático o semi-automático.

Además, puede funcionar de manera tranquila 36 horas continuas. En el **ANEXO 4** se encuentra la ficha técnica.

4.5.2. EXTRACTOR

En el caso de los extractores por el caudal establecido, se decidió 200 a 300 m³ por hora, dando lugar a utilizar el un extractor centrífugo FR de doble entrada, además, la ubicación será por salida de las entradas libre hacia arriba.

Su función principal debe ser la extracción de la humedad creada por la vaporización del agua en los ladrillos. Su uso por la forma sugerida es en el exterior de la instalación en la parte de arriba o costado derecho. En el **ANEXO 4** se encuentra la ficha técnica.

4.6. PERSONAL NECESARIO

El personal necesario por turno es una sola persona, es decir, por las 8 horas de secado diario, tanto para la función de cargado de parrillas como de seguimiento e inspección de secado. Este punto cuenta con un Manual de Funciones de Personal, mismo que se encuentra en el **ANEXO 5**.

CAPÍTULO V
ANÁLISIS ECONÓMICO

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. INVERSIONES

Las inversiones establecidas para este proyecto, solo tendrán lugar a las obras civiles y la adquisición de los equipos y maquinaria.

5.1.1. INVERSIÓN EN OBRAS CIVILES Y CONSTRUCCIÓN

Tabla V-1 Inversión en obras civiles

INVERSIÓN EN OBRAS CIVILES					
TOTAL INVERSIÓN EN OBRAS CIVILES (Bs)					430.840,42
ÍTEM	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	PRECIO PARCIAL (Bs)
A) OBRA GRUESA					393.615,47
D170	Demolición de muro de ladrillo	m ²	94,50	33,13	3.130,79
E050	Excavación de 0-1,5 m suelo duro	m ³	13,50	70,28	948,78
E060	Excavación con retroexcavadora	m ³	16,00	29,10	465,60
Z010	Zapatas de H°A°	m ³	13,50	2.048,49	27.654,62
R030	Relleno y compactado con material seleccionado	m ³	118,25	50,62	5.985,82
C030	Cimientos de H°C° 50% P.D	m ³	18,59	453,32	8.427,22
S010	Sobre cimiento de H°C° 1:3:4	m ³	18,59	898,05	16.694,75
I050	Impermeabilización de Sobre cimiento	m ²	18,59	12,29	228,47
C305	Columnas de H°A° de 3 m (30 x 30 cm)	m ³	6,20	3.204,43	19.867,47
C301	Columnas de H°A° de 2,6 m (30 x 30 cm)	m ³	5,38	3.196,24	17.195,77
C301	Columnas de H°A° de 2,5 m (30 x 30 cm)	m ³	3,26	3.050,48	9.944,56
V030	Vigas de fundación H°A°	m ³	47,30	289,73	13.704,23
M060	Muro de ladrillo visto 6H=24CM	m ²	98,00	153,21	15.014,58
M052	Muro de ladrillo visto 6H=18CM	m ²	98,00	65,42	6.411,16
L060	Losa llena de H°A°	m ³	58,65	3.069,91	180.050,22
L070	Losa alivianada previeri de H°A°	m ²	203,61	211,94	43.153,10

C110	Cubierta calamina galvanizada N°28	m ²	75,00	203,10	15.232,50
M080	Entradas de calor	m ²	3,60	204,13	734,87
PE05	Carriles de perfil de 0,005x0,0075m	M	450,00	22,00	9.900,00
T005	Instalación y cableado tablero eléctrico	pieza	2,00	1.000,88	2.001,76
B) OBRA FINA					37.224,95
PU03	Puerta de plancha doble metálica	m ²	23,00	492,56	11.328,88
T012	Prov. E instalación alambre AWG N°1	M	95,00	7,49	711,55
R120	Revoque interior arena cemento	m ²	203,61	123,69	25.184,52

Fuente: Precios unitarios Revista PYC – Revista N°74 marzo-junio 2022

El costo para la contratación de una empresa externa encargada de llevar a cabo la ejecución de las obras civiles mostradas en el anterior cuadro, serán económicamente considerados con el 30 (%) del monto total de la inversión en las obras civiles, de manera directa en el cuadro de inversiones totales.

5.1.2. ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

Tabla V-2 Inversión en maquinaria y equipos

MAQUINARIA Y EQUIPOS				
TOTAL INVERSIÓN EN MAQUINARIAS Y EQUIPOS (Bs)				157.180,39
DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	PRECIO PARCIAL (Bs)
A) MAQUINARIA Y EQUIPOS DIRECTOS				101.937,75
CACM H2C Ventilador en columna	pieza	12,00	4.449,08	53.388,97
EXS 6 Extractor	pieza	1,00	45.048,79	45.048,79
Tablero de control eléctrico	pieza	2,00	1.000,00	2.000,00
Tablero control de extracción de humedad	pieza	1,00	1.500,00	1.500,00
B) EQUIPOS INDIRECTOS				55.242,64

Prov. E instalación alambre AWG N°1	m	100,00	7,49	749,00
Entradas de inyección de calor	pieza	20,00	120,49	2.409,80
Transbordador motorizado	pieza	2,00	25.241,92	50.483,84
Eletroducto Flexible Corrugado Tigreflex - Amarillo	m	80,00	20,00	1.600,00

Fuente: Elaboración Propia

5.2. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

5.2.1. INSTALACIÓN DE EQUIPOS

Para la instalación de equipos se tiene previsto se tome el tiempo de 1 mes, se considera los siguientes Ítems, basados en una valoración de la ubicación de la cerámica.

Tabla V-3 Instalación de equipos

INSTALACIÓN DE EQUIPOS				
TOTAL COSTO DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS (Bs)				22.713,00
DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	PRECIO PARCIAL (Bs)
Transporte de equipos a la cerámica	Gbl	4	1.000,00	4.000,00
Instalación Eléctrica	Kw	150	1,42	213,00
Adecuación de instalación de Gas	Gbl	2	1.000,00	2.000,00
Mano de Obra	persona	4	2.500,00	10.000,00
Internación y Montaje	Gbl	1	6.500,00	6.500,00

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para las pruebas de funcionamiento se tiene propuesto 2 semanas, en las cuales se realizará secado completo de espacio y se lo realizará en 3 pruebas, en días intermedios en ese tiempo.

Tabla V-4 Pruebas de funcionamiento

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO				
TOTAL PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO (Bs)				14.739,36
DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	PRECIO PARCIAL (Bs)
Materia Prima pérdida en pruebas	pieza	30.240	0,40	12.096,00
Consumo Energía Eléctrica	Kw	269	1,42	381,36
Adecuación de Gas	m3	100	2,62	262,00
Mano de Obra	persona	1	2.000,00	2.000,00

Fuente: Elaboración Propia

5.3. COSTOS OPERATIVOS

5.3.1. MANO DE OBRA

Los costos de mano de obra se considerarán para la operación de un año.

Tabla V-5 Costo de mano de obra

COSTOS DE MANO DE OBRA				
TOTAL COSTOS DE MANO DE OBRA (Bs)				27.000,00
DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	PRECIO PARCIAL (Bs)
Un encargado de área de secado	mes	12	2.250,00	27.000,00

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2. SERVICIOS BÁSICOS

Los servicios básicos vinculados en la operación continua de la cámara de secado son; energía eléctrica y gas.

Tabla V-6 Costo por servicios básicos

COSTO DE SERVICIOS BÁSICOS UTILIZADOS				
TOTAL SERVICIOS BÁSICOS (Bs)				48.382,62
DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	PRECIO PARCIAL (Bs)
Adecuación de Gas	m3	1.000	2,62	2.620,00
Consumo Energía Eléctrica	Kw	32.227,2	1,42	45.762,62

Fuente: Elaboración Propia

5.4. INVERSIÓN TOTAL Y COSTO DE OPERACIÓN

5.4.1. INVERSIÓN TOTAL

Tabla V-7 Total de inversión

TOTAL DE INVERSIÓN	
TOTAL INVERSIÓN (Bs)	754.725,30
DETALLE	TOTAL PARCIAL (Bs)
CONTRATACIÓN DE UNA EMPRESA PARA LA CONTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES	129.252,13
INVERSIÓN OBRAS CIVILES	430.840,42
A) OBRA GRUESA	393.615,47
B) OBRA FINA	37.224,95
INVERSIÓN EN MAQUINARIA Y EQUIPOS	157.180,39
A) MAQUINARIA Y EQUIPOS DIRECTOS	101.937,75
B) EQUIPOS INDIRECTOS	55.242,64
INSTALACIÓN DE EQUIPOS	22.713,00
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	14.739,36

Fuente: Elaboración Propia

La inversión total de todo el proyecto será la sumatoria de todos los detalles del cuadro anterior, por lo cual se obtiene (Bs) 754.725,30.

5.4.2. COSTO DE OPERACIÓN

Tabla V-8 Total costos de operación

TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	
TOTAL COSTO OPERATIVO (Bs)	75.382,62
DETALLE	TOTAL PARCIAL (Bs)
MANO DE OBRA	27.000,00
SERVICIOS BÁSICOS UTILIZADOS	48.382,62

Fuente: Elaboración Propia

Los costos de operación para un año, se estiman en (Bs) 75.382,62.

5.2. Indicador financiero del Retorno de la Inversión (ROI)

Para obtener el ROI, primero se procederá a realizar la valoración económica de pérdida que posee por productos no conformes del proceso de secado, si bien la materia prima se puede volver a triturar y trabajar, el costo de los insumos y servicios básicos son pérdidas estimadas por la empresa en Bs. 0,40 por cada ladrillo no conforme (rajaduras).

Además, se considera un promedio por parrilla de 80 no conformes, siendo que para cumplir con la producción se debe secar 40 parrillas, considerando el no secado del domingo pero que, si debe entrar en horno, cabe resaltar que la empresa trabaja 6 días por semana y 11 meses seguidos por año.

$$\text{Secado actual} = 80 \frac{\text{no conformes}}{\text{parrilla}} * 40 \frac{\text{parrilla}}{\text{día}} * 0,40 \frac{\text{Bs}}{\text{no conformes}}$$

$$\text{Secado actual} = 1.280,00 \frac{\text{Bs}}{\text{día}}$$

En consideración a lo anterior el secado actual genera en promedio, pérdidas por día de Bs. 1.280,00.

$$\text{Secado actual} = 1.280,00 \frac{\text{Bs}}{\text{día}} * 26 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$$

$$\text{Secado actual} = 33.280,00 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

En un mes, la cámara de secado genera pérdidas de Bs. 33.280,00.

$$\text{Secado actual} = 1.280,00 \frac{\text{Bs}}{\text{día}} * 26 \frac{\text{días}}{\text{mes}} * 11 \frac{\text{meses}}{\text{año}}$$

$$\text{Secado actual} = 366.080,00 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}$$

En un año la cámara de secado genera pérdidas de Bs. 366.080,00.

En el caso de realizar la ampliación de este proyecto, se considera 5 ladrillos no conformes por parrilla (de acuerdo a la posibilidad de 1% de no conformes):

$$\text{Modificación} = 5 \frac{\text{no conformes}}{\text{parrilla}} * 40 \frac{\text{parrilla}}{\text{día}} * 0,40 \frac{\text{Bs}}{\text{no conformes}}$$

$$\text{Secado actual} = 80,00 \frac{\text{Bs}}{\text{día}}$$

Se generaría pérdidas por día de Bs. 80,00, entre las 2 cámaras de secado.

$$\text{Secado actual} = 80,00 \frac{\text{Bs}}{\text{día}} * 26 \frac{\text{días}}{\text{mes}}$$

$$\text{Secado actual} = 2.080,00 \frac{\text{Bs}}{\text{mes}}$$

En un mes, ambas cámaras de secado generarían pérdidas de Bs. 2.080,00.

$$\text{Secado actual} = 80,00 \frac{\text{Bs}}{\text{día}} * 26 \frac{\text{días}}{\text{mes}} * 11 \frac{\text{meses}}{\text{año}}$$

$$\text{Secado actual} = 22.880,00 \frac{\text{Bs}}{\text{año}}$$

En un año, tanto la actual cámara y la modificación propuesta de la nueva cámara de secado generarían pérdidas de Bs. 22.880,00.

Además, se debe tomar en cuenta los costos operativos por año de la actual cámara en Bs. 50.000,00 (brindado por la empresa) y de la nueva cámara de Bs. 75.382,62.

Ahora con todos estos datos se puede hallar el ROI para el periodo de un año, tomando en cuenta el punto 5.4.1. el costo total de la inversión.

$$ROI = \frac{\textit{Beneficios incrementales}}{\textit{Inversión}}$$

$$ROI = \frac{366.080,00 \text{ Bs} - (22.880,00 \text{ Bs} + 50.000,00 \text{ Bs} + 75.382,62 \text{ Bs})}{754.725,30 \text{ Bs}}$$

$$ROI = 0,2886$$

El indicador financiero del Retorno de la Inversión, nos muestra que en el periodo de 1 año la empresa ya tendrá Bs. 0,2886 de retorno por cada Bs.1 invertido.

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ✓ El área de secado actual posee una capacidad de 12.000 ladrillos, siendo el principal cuello de botella, ya que la cerámica posee una capacidad instalada de 25.000 ladrillos por día y una producción de 16.500 ladrillos al día, por ende, el área de secado genera pérdidas de hasta Bs. 1.280,00 al día.
- ✓ Se elaboró de manera confiable la descripción y diagnóstico de la cámara de secado actual, en donde se controlaron variables como temperatura y humedad relativa respecto al tiempo de secado.
- ✓ Se desarrolló la ingeniería de proyecto, desde los cálculos térmicos, las obras civiles, a la identificación de los equipos necesarios para el funcionamiento de la cámara de secado, siendo todos los componentes seleccionados especialmente para poder soportar las condiciones de humedad y temperatura en el interior de esta.
- ✓ Se aplicaron los cálculos térmicos determinantes para lograr obtener la capacidad calorífica necesaria para la cerámica, siendo el calor útil requerido de 3.198.277,65 (Kcal), como la empresa trabaja 8 horas diarias, el caudal requerido para la segunda cámara es 399.784,71 (Kcal/h), con un aprovechamiento de casi el 20% ya que las temperaturas actuales son menores a 31,5 °C y las temperaturas previstas son de 40°C.
- ✓ Considerando el desarrollo del proyecto se aplicaron los cálculos correspondientes para obtener la capacidad de la segunda cámara de secado, la misma será de 10.080 ladrillos o 20 parrillas por cada 8 horas, cabe recalcar que la empresa desea que la primera cámara siga en funcionamiento, pero en su capacidad instalada real.
- ✓ Las dimensiones de la cámara propuesta son de 2,60 metros de altura por 46,7 metros de longitud externa y 4,96 metros de ancho externo, considerando que en cada parrilla existirá espacios de 0,25 metros entre peldaños.

- ✓ La inversión total del presente proyecto, es de (Bs) 754.725,30, involucrando la inversión de obras civiles, los costos de mano de obra, equipos de medición, materiales, equipos, etc. Además, se determinó los costos operativos de la nueva cámara de secado, siendo de (Bs) 75.382,62 por año.
- ✓ Considerando que es un proyecto de ampliación a una misma línea, se determinó el indicador financiero de Retorno de la Inversión, dando como resultado que, en el periodo de un año, la cerámica tendrá Bs. 0,2886 de retorno por cada Bs.1 invertido.
- ✓ En este proyecto se cumplieron todos los objetivos propuestos, con tal de diseñar una cámara de secado para ladrillos de 6 huecos.

6.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda habilitar el laboratorio en la cerámica Narváez S.R.L., de esta manera las obtenciones de datos de posteriores proyectos serán en lo posible tomados en un menor tiempo.
- ✓ Para la elaboración de la cámara de Secadero se aconseja seguir cada una de las pautas aquí determinadas, las cuales están basadas en un estudio de Ingeniería, considerando que los precios se mantienen estables desde el mes de junio del presente año, cabe rescatar que, si el proyecto no se lleva a cabo en el próximo año, se debe reevaluar los costos de inversión.
- ✓ Se recomienda evaluar nuevamente los costos por reprocesos, siendo que el monto parece bajo con respecto a lo previsto y los costos operativos ya que los brindados por año con respecto del área de secado son establecidos antes de la pandemia.
- ✓ Se sugiere tener en cuenta la seguridad como prioridad, operar con implementos y herramientas acordes al trabajo que desempeñarán, sobre todo al momento de ingresar o estar cercano a los ventiladores.
- ✓ Se sugiere hacer sus respectivos cambios de accesorios tanto eléctricos como mecánicos ya sean filtros usados, cables en mal estado, etc., siendo que tras la

cotización la empresa Souza, propuso un 60% las piezas en caso de un repuesto, con excepción de motores y piezas troncales.

- ✓ En futuros trabajos o proyectos se recomienda añadir un área de pre-horno cerrado, así se seguiría aprovechando el aire caliente del horno, para tener los ladrillos listos para que entren a la zona de quemado, logrando así menores pérdidas, ya que tras el quemado o cocido no existe retorno a materias prima como en el caso del secado.
- ✓ Se sugiere que en los próximos tres años se pueda habilitar el sistema SCADA, como parte de la innovación de este proyecto, ya que la implementación del mismo evitará que la cámara de secado sea abierta continuamente tras el ingreso de las parrillas, de esta manera se evitan pérdidas de temperatura.