

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



Diseño de un prototipo de ladrillo de arcilla para mejorar su resistencia estructural, usando la metodología Design Thinking, Arequipa 2023

Tesis presentada por el Bachiller:

Contreras Flores, Paul Mauricio

ORCID: 0009-0006-2210-9586

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor:

Dr. Valencia Becerra, Rolardi Mario

ORCID: 0000-0002-6641-0323

Arequipa – Perú

2024

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA INDUSTRIAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 01 de Julio del 2024

Dictamen: 009496-C-EPIL-2024

Visto el borrador del expediente 009496, presentado por:

2009201471 - CONTRERAS FLORES PAUL MAURICIO

Titulado:

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE LADRILLO DE ARCILLA PARA MEJORAR SU RESISTENCIA ESTRUCTURAL, USANDO LA METODOLOGÍA DESIGN THINKING, AREQUIPA 2023

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO INDUSTRIAL

32770023 - DEZA LOYAGA WALTER FRANCISCO
DICTAMINADOR



29434502 - MURILLO QUISPE EFRAIN RAFAEL
DICTAMINADOR



29639923 - URDAY LUNA FERLY ELMER
DICTAMINADOR



Diseño de un prototipo de ladrillo de arcilla para mejorar su resistencia estructural, usando la metodología Design Thinking, Arequipa 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	documents1.worldbank.org Fuente de Internet	1%
3	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%

Dedicatoria

A Dios y mi familia.

En la vida todo tiene solución. G.C.F.



RESUMEN

La presente tesis desarrolla el diseño de un prototipo de ladrillo de arcilla, con el fin de optimizar su resistencia estructural, este proceso se desarrolla mediante la metodología Design Thinking. La investigación surge como opción y respuesta a la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en Perú, vulnerabilidad agravada por la informalidad en el proceso constructivo y el uso de materiales inadecuados.

Diversas fuentes indican que un gran porcentaje de las viviendas en Perú está construido con ladrillos de arcilla o bloques de cemento, y que al menos un preocupante 70% de alguna parte del proceso constructivo se desarrolla de manera informal. Este contexto justifica la necesidad de mejorar la calidad de los materiales de construcción para aumentar la seguridad y durabilidad de las edificaciones, especialmente ante el riesgo sísmico presente.

La metodología Design Thinking es la metodología escogida para enfrentar el desafío de diseñar un prototipo de ladrillo. Esta es una herramienta eficaz en el ámbito de la Ingeniería Industrial, ya que facilita la resolución de problemas complejos y promueve la creatividad, la innovación y el trabajo colaborativo. En este estudio, se ha desarrollado un prototipo de ladrillo que incorpora cambios en su geometría y una optimizada distribución de alveolos, siguiendo las fases de la mencionada metodología. Se pronostica que estas modificaciones aumentarán la resistencia a la compresión del ladrillo, disminuyendo los puntos de concentración de tensiones y distribuyendo las fuerzas de manera más uniforme, lo que reducirá la probabilidad de fractura y desgaste prematuro, extendiendo su vida útil y mejorando la seguridad de las edificaciones.

La presente investigación ofrece un prototipo que responde a una necesidad crítica del proceso constructivo en el Perú, y representa un aporte científico con una metodología sólida y bien fundamentada que puede ser utilizada en futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos.

Palabras clave: Design Thinking, innovación, prototipo.

ABSTRACT

This research develops the design of a clay brick prototype to optimize its structural resistance. This process is developed through the Design Thinking methodology. The research arises as an option and a response to the seismic vulnerability of buildings in Peru, which is aggravated by the informality in the construction process and the use of inadequate materials.

According to various sources, the largest percentage of homes in Peru are built with clay bricks or cement blocks, and that at least a worrying 70% of some part of the construction process is carried out informally. This context justifies the need to improve the quality of construction materials to increase the safety and durability of buildings, especially given the present seismic risk.

The Design Thinking methodology is an effective tool in the field of Industrial Engineering, as it allows complex problems to be addressed, improving operational efficiency, as well as allowing the development of innovative products. According to the research review, these highlight their effectiveness in promoting creativity, problem solving and collaborative work, essential elements in the design or prototyping process, mainly because they facilitate the ability of the researcher or user to generate innovative solutions.

Through the Design Thinking methodology, a brick prototype has been developed that incorporates changes in its geometry, as well as an optimized distribution of alveoli. These changes were made following the phases of the aforementioned methodology. It is predicted that these modifications will increase the resistance. to the compression of the brick, reducing the stress concentration points, distributing the forces more uniformly, as well as reducing the probability of fracture and premature wear, extending its useful life and improving the safety of buildings.

The present research offers a prototype that responds to a critical need in the construction process in Peru. It is also highlighted that it represents a scientific contribution with a solid and well-founded methodology that can be used in future research and technological developments.

Keywords: Design Thinking, innovation, prototype.

ÍNDICE

Dedicatoria	
RESUMEN	
ABSTRACT	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
Introducción.....	1
CAPITULO I PLANTEAMIENTO TEORICO	2
1 El problema	2
1.1 Identificación del problema.....	2
1.2 Descripción del Problema	3
1.2.1 Riesgo sísmico	3
1.2.2 Informalidad en el Perú.....	6
1.2.3 Autoconstrucción en el Perú	9
1.2.4 Proceso formal de construcción en el Perú	12
1.2.5 Índice de control de calidad en la construcción	13
1.3 Formulación del Problema	16
1.3.6 Interrogante general	16
1.3.7 Interrogantes específicas	16
1.4 Justificación de la Investigación	16
1.5 Limitaciones de la Investigación.....	17
1.5.1 Limitaciones de tamaño de muestra.....	17
1.5.2 Limitaciones de tiempo.....	18
1.5.3 Limitaciones de recursos financieros	18
1.6 Objetivos de la Investigación	18
1.6.4 Objetivo general.....	18
1.6.5 Objetivos específicos	19
1.7 Hipótesis.....	19
1.7.1 Hipótesis General.....	19
1.8 Variables de estudio	19
1.9 Conclusiones parciales del capítulo I.....	20
CAPITULO II MARCO TEORICO	22
2 Marco Teórico	22
2.1 Antecedentes de la Investigación	22
2.1.1 Primer antecedente.....	22

2.1.2	Segundo antecedente.....	23
2.1.3	Tercer antecedente	24
2.1.4	Cuarto antecedente.....	25
2.1.5	Quinto antecedente	26
2.2	Marco de Referencia Teórico.....	27
2.2.1	Diseño	27
2.2.2	Análisis	31
2.2.3	Prototipo.....	34
2.2.4	Mejora de procesos	37
2.2.5	Ladrillo de arcilla.....	39
2.2.6	Albañilería	48
2.2.7	Resistencia estructural	52
2.2.8	Metodología Design Thinking.....	55
2.3	Marco Metodológico.....	58
2.3.1	Nivel de Investigación	58
2.3.2	Diseño de Investigación.....	58
2.3.3	Población y Muestra	58
2.3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	58
2.4	Conclusiones parciales del capítulo II.....	59
CAPITULO III DIAGNOSTICO SITUACIONAL		61
3	Empresas ladrilleras.....	61
3.1	Reseña histórica.....	61
3.2	Organización	62
3.3	Principales procesos y operaciones.....	63
3.3.1	Recepción de materia prima.....	64
3.3.2	Molienda	67
3.3.3	Moldeado del ladrillo.....	71
3.3.4	Cocción del ladrillo.....	77
3.4	Influencia de los procesos y operaciones en la resistencia estructural de los ladrillos.....	80
3.4.1	Primera investigación	80
3.4.2	Segunda investigación	81
3.4.3	Tercera investigación.....	82
3.4.4	Cuarta investigación	83
3.4.5	Quinta investigación	84

3.4.6	Sexta investigación	85
3.4.7	Séptima investigación	86
3.4.8	Octava investigación	87
3.4.9	Análisis de los procesos	88
3.5	Conclusiones parciales del capítulo III	89
CAPITULO IV DIAGNOSTICO DEL MERCADO		91
4	Análisis del entorno	91
4.1	Análisis	91
4.1.1	Factores políticos	91
4.1.2	Factores económicos	92
4.1.3	Factores sociales	96
4.1.4	Factores tecnológicos	98
4.1.5	Factores ecológicos	99
4.1.6	Factores legales	100
4.2	Conclusiones parciales del capítulo IV	102
CAPITULO V PLANTEAMIENTO OPERACIONAL		104
5	¿Por qué la metodología Design Thinking es la herramienta adecuada de la Ingeniería Industrial para abordar el desarrollo de un prototipo de ladrillo?	104
5.1	Primera investigación	104
5.2	Segunda investigación	105
5.3	Tercera investigación	108
5.4	Crítica	108
5.5	Elección de la metodología Design Thinking	109
5.6	Selección de muestra	110
5.7	Conclusiones parciales del capítulo V	111
CAPITULO VI RESULTADOS		112
6	Aplicación de la metodología Design Thinking	112
6.1	Empatizar	112
6.1.1	Mapas de empatía	112
6.1.2	Conclusiones del mapa de empatía	126
6.1.3	Definición del usuario objetivo	126
6.2	Definir	127
6.2.1	Declaración del problema	127
6.3	Idear	128
6.3.1	Lluvia de ideas	129

6.3.2	Conclusiones método SCAMPER	133
6.4	Prototipar – Iteración N°1	133
6.4.1	Prototipo N.º 1	134
6.4.2	Diseño del prototipo N°1	137
6.5	Evaluar – Iteración N°1	151
6.5.1	Numero de especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión..	152
6.5.2	Preparación de las muestras para el ensayo de resistencia a la compresión	152
6.5.3	Ensayo de resistencia a la compresión.....	153
6.6	Prototipar – Iteración N°2	159
6.6.1	Prototipo N°2	160
6.6.2	Diseño del prototipo 2.0.....	160
6.7	Evaluar – Iteración N°2	162
6.7.1	Numero de especímenes	162
6.7.2	Preparación de las muestras para el ensayo de compresión.....	162
6.7.3	Ensayo de resistencia a la compresión.....	162
6.8	Prototipar – Iteración N°3	166
6.8.1	Prototipo 3.0.....	167
6.8.2	Diseño del Prototipo 3.0	167
6.9	Evaluar – Iteración N°3	171
6.9.1	Estimación resistencia a la compresión (f'b).....	171
6.10	Conclusiones parciales del capítulo VI	177
CONCLUSIONES.....		178
Recomendaciones		179
Referencias		180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de actividades económicas subterráneas.	8
Tabla 2 Lista de trámites necesarios para la obtención de permisos de construcción en Arequipa.	13
Tabla 3 Sub índices del indicador de control de calidad en la construcción en la ciudad de Arequipa.	15
Tabla 4 Variables de estudio.	20
Tabla 5 Clases de ladrillos.	40
Tabla 6 Tabla resumen de la primera investigación.	81
Tabla 7 Tabla resumen de la segunda investigación.	82
Tabla 8 Tabla resumen de la tercera investigación.	83
Tabla 9 Tabla resumen de la cuarta investigación.	84
Tabla 10 Tabla resumen de la quinta investigación.	85
Tabla 11 Tabla resumen de la sexta investigación.	86
Tabla 12 Tabla resumen de la séptima investigación.	87
Tabla 13 Producto bruto interno en el Perú entre los años 2000 - 2022.	95
Tabla 14 Evolución de la población según área de residencia, 1940 – 2022 en miles de habitantes.	97
Tabla 15 Ciudades con más de 100 mil habitantes, 1940 – 2022 en miles de habitantes. .	98
Tabla 16 Máximos esfuerzos soportados en los prototipos.	148
Tabla 17 Datos del ensayo de resistencia a la compresión en el ladrillo patrón.	157
Tabla 18 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en el ladrillo patrón.	158
Tabla 19 Datos del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 1.3.	158
Tabla 20 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 1.3.	159
Tabla 21 Datos del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 2.0.	165
Tabla 22 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 2.0.	165
Tabla 23 Pronostico de la resistencia a la compresión, al 80% según la carga máxima. .	174
Tabla 24 Resultados pronosticados del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 3.0 al 80%.	174
Tabla 25 Pronóstico de la resistencia a la compresión, al 70% según la carga máxima. .	175
Tabla 26 Resultados pronosticados del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 3.0 al 70%.	175
Tabla 27 Pronóstico de la resistencia a la compresión, al 60% según la carga máxima. .	176
Tabla 28 Resultados pronosticados del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 3.0 al 60%.	176

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa Sísmico del Perú.	5
Figura 2 Perú: empleo por actividad económica y condición de informalidad, 2022, expresado en miles de personas.	7
Figura 3 Fotografía de casa en San Juan de Lurigancho, Lima, Perú.	9
Figura 4 Tipos de unidades de albañilería.	43
Figura 5 Ficha técnica de ladrillo King Kong Hércules 9	44
Figura 6 Ficha técnica de ladrillo King Kong Hércules 10.	45
Figura 7 Ficha técnica de ladrillo King Kong INFES	46
Figura 8 Ficha técnica de ladrillo pandereta.	47
Figura 9 Albañilería de arcilla.	48
Figura 10 Proceso de transferencia de cargas en muros portantes.	50
Figura 11 Muro no portante, elaborado con ladrillo pandereta.	51
Figura 12 Diagrama de un muro de albañilería confinada.	52
Figura 13 Muro de albañilería simple.	52
Figura 14 Ruinas de torreón, cultura Yarowilca.	62
Figura 15 Parte de las ruinas de Ollantaytambo.	62
Figura 16 Diagrama de bloques del proceso de recepción de materias primas.	64
Figura 17 Zona de descarga de materias primas.	65
Figura 18 Zona de almacenado de materias primas.	66
Figura 19 Diagrama de bloques del proceso de molienda.	67
Figura 20 Ensayos de control de calidad de materias primas.	68
Figura 21 Ingreso de los diferentes tipos de arcilla a la tolva de alimentación.	68
Figura 22 Traslado de materias primas por la faja de transportadora.	69
Figura 23 Operación de molienda de la materia prima.	70
Figura 24 Diagrama de bloques del proceso de moldeado.	71
Figura 25 Operación de mezclado y añadido de agua.	72
Figura 26 Salida del material mezclado, mediante una faja transportadora.	72
Figura 27 Operación de homogenizado por un sistema de placas giratorias.	73
Figura 28 Extrusión de la mezcla por el molde de ladrillos.	74
Figura 29 Molde metálico para ladrillos.	74
Figura 30 Cortado de ladrillos.	75
Figura 31 Deformación de los ladrillos crudos, después de cortados.	75
Figura 32 Secado de ladrillos.	76
Figura 33 Diagrama de bloques del proceso de cocción de ladrillos.	77
Figura 34 Traslado de los ladrillos mediante un sistema de cadenas.	78
Figura 35 Horno de cocción de ladrillos.	78
Figura 36 Quemador a gas calentando el horno de ladrillos.	79
Figura 37 Ladrillos cocidos terminados previo al despacho.	80
Figura 38 Diagrama del proceso de pensamiento divergente y convergente.	106
Figura 39 Infografía Design Thinking.	109
Figura 40 Mapa de empatía, operario albañil.	115
Figura 41 Mapa de empatía, ingeniero supervisor.	118
Figura 42 Mapa de empatía, proveedor de ladrillo.	121
Figura 43 Mapa de empatía, jefe de producción.	125
Figura 44 Árbol de problemas.	128

Figura 45 Principales cargas en elementos con diferentes radios en los bordes.	135
Figura 46 Fallas en la prueba destructiva de una columna de albañilería	135
Figura 47 Comparación de paneles de vidrio de esquinas rectas y de esquinas redondeadas.	136
Figura 48 Moldes para ensayos de compresión, con diferentes radios en los bordes.	137
Figura 49 Diseño en AUTOCAD del prototipo 1.1.	139
Figura 50 Diseño en AUTOCAD del prototipo 1.2.	139
Figura 51 Diseño en AUTOCAD del prototipo 1.3.	140
Figura 52 Diseño en AUTOCAD del prototipo 1.4.	140
Figura 53 Diseño en AUTOCAD del prototipo 1.5.	141
Figura 54 Gráfico de los esfuerzos en el eje Z, vista superior e isométrica.	142
Figura 55 Gráfico de los esfuerzos en el eje Y, vista superior e isométrica.....	143
Figura 56 Gráfico de los esfuerzos en el eje Z, vista superior e isométrica.	143
Figura 57 Gráfico de los esfuerzos en el eje Y, vista superior e isométrica.....	144
Figura 58 Gráfico de los esfuerzos en el eje Z, vista superior e isométrica.	144
Figura 59 Gráfico de los esfuerzos en el eje Y, vista superior e isométrica.....	145
Figura 60 Gráfico de los esfuerzos en el eje Z, vista superior e isométrica.	145
Figura 61 Gráfico de los esfuerzos en el eje Y, vista superior e isométrica.....	146
Figura 62 Gráfico de los esfuerzos en el eje Z, vista superior e isométrica.	146
Figura 63 Gráfico de los esfuerzos en el eje Y, vista superior e isométrica.....	147
Figura 64 Detalle del daño en los ladrillos adquiridos.	149
Figura 65 Detalle del daño en los ladrillos adquiridos.	149
Figura 66 Detalle del daño en los ladrillos adquiridos.	150
Figura 67 Modelado del prototipo.	151
Figura 68 Detalle de la esquina redondeada del prototipo.	151
Figura 69 Refrentado del prototipo, previo al ensayo de resistencia a la compresión.	152
Figura 70 Secado del prototipo en un horno de secado a temperatura controlada.	153
Figura 71 Detalle de las fracturas en los ladrillos de referencia.....	154
Figura 72 Detalle de las fracturas en los ladrillos de referencia.....	154
Figura 73 Detalle de las fracturas en el prototipo de ladrillo.	155
Figura 74 Detalle de las fracturas en el prototipo de ladrillo.	155
Figura 75 Detalle de las fracturas el prototipo de ladrillo.	156
Figura 76 Detalle de la esquina y borde redondeado del prototipo 2.0.....	161
Figura 77 Detalle de la esquina y borde redondeado del prototipo 2.0.....	161
Figura 78 Detalle de las fracturas en el prototipo 2.0.....	163
Figura 79 Detalle de las fracturas en el prototipo 2.0.....	163
Figura 80 Detalle de las fracturas en el prototipo 2.0.....	164
Figura 81 Detalle de las fracturas en el prototipo 2.0.....	164
Figura 82 Molde para la fabricación de ladrillos.....	166
Figura 83 Vista superior del ladrillo regular, con perforaciones rectangulares redondeadas.	168
Figura 84 Diseño en AUTOCAD del ladrillo patrón.	169
Figura 85 Vista superior del ladrillo prototipo 3.0, con perforaciones circulares.....	170
Figura 86 Vista isométrica del ladrillo prototipo 3.0, con perforaciones circulares.	171
Figura 87 Comparación de la carga máxima (kgf) comparada con el peso (gr) del ladrillo patrón.	172

Figura 88 Comparación de la carga máxima (kgf) comparada con el peso (gr) del prototipo
2.0. 173



Introducción

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018, p. 23) indica que, mediante censo realizado en el año 2017, se contabilizaron 4298274 viviendas que tienen ladrillos de arcilla o bloques de concreto como material predominante en sus paredes exteriores, lo que representa el 55,8% del total de viviendas en el Perú. Según el incremento intercensal, las viviendas con paredes exteriores de ladrillos o bloques de concreto presentan un aumento del 43,7%, lo que corresponde a 1306647 de viviendas adicionales.

Revisando la información del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016, p. 37), se observa que, en promedio, el 70% de la construcción de viviendas es informal. Se entiende por informalidad la construcción carente de asesoramiento, acompañamiento técnico o profesional adecuado, y que incumple con los procesos y normativas vigentes. Esta práctica implica el uso de materiales de construcción no adecuados, lo que aumenta la vulnerabilidad de estas estructuras ante eventos externos como sismos u otros desastres, poniendo en riesgo la vida de las personas.

Una de las conclusiones de la investigación realizada por el presidente del Instituto Geofísico del Perú, Tavera (2014, p. 36), dicta que, si bien los eventos sísmicos del pasado probablemente vuelvan a ocurrir, la situación actual será diferente debido a que las ciudades se han expandido hacia áreas donde el suelo no es sólido o la topografía no es ideal para una ocupación urbana.

Es así que se identifica la necesidad de usar materiales más resistentes y eficientes desde el punto de vista estructural, ya que estos garantizan la durabilidad y seguridad de las edificaciones, más aún en el contexto de riesgo sísmico constante, presente en el país.

El ladrillo de arcilla, uno de los componentes más relevantes y más usado en las edificaciones en el país, ha evolucionado a lo largo del tiempo. Su uso está regulado por normativas nacionales e internacionales, aun así, persisten desafíos en su fabricación y uso, principalmente en su diseño, donde se identifica la necesidad de optimizar la resistencia sin aumentar los costos asociados.

La presente investigación tiene como objetivo abordar el desafío de diseñar un ladrillo mediante la aplicación de la metodología Design Thinking, proponiendo un prototipo de ladrillo con una estructura mejorada, capaz de resistir cargas mayores y condiciones adversas, sin comprometer la viabilidad económica en su producción.

CAPITULO I PLANTEAMIENTO TEORICO

1 El problema

1.1 Identificación del problema

Uno de los principales problemas que enfrenta el país, es el riesgo sísmico presente debido a la ubicación geográfica, el Perú se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica conocida como el Cinturón de Fuego del Pacífico, nuestra geográfica expone a Perú a un alto riesgo sísmico, el cual puede tener un efecto devastador en la infraestructura y por tanto en la integridad de las personas.

Históricamente, el país ha sufrido varios terremotos devastadores, uno de los más catastróficos ocurrió en 1970 en la región de Ancash, dejando un saldo de más de 100000 fallecidos y enormes daños materiales. Otros terremotos importantes, como los de Arequipa en el año 2001 y Pisco en el año 2007, causaron la pérdida de vidas humanas y grandes daños materiales.

Estos desastres naturales conllevan la necesidad de comprender y abordar adecuadamente el peligro sísmico en Perú. Además, otro problema que aumenta vulnerabilidad en las edificaciones frente a un evento sísmico es la falta o deficiente control de calidad en los procesos constructivos, esto se ve agravado por la informalidad presente en dichos procesos, algunas de estas prácticas son el uso de materiales no adecuados o se lleva a cabo las obras o proyectos sin licencia o sin asesoría de profesionales adecuados.

Sumando todos los factores tanto, el desconocimiento sobre el uso correcto de ladrillos y la ubicación del país en una zona altamente sísmica que conllevan a una vulnerabilidad sísmica presente y la informalidad en algunos procesos constructivos, se presenta la investigación para contribuir en la innovación de búsqueda de formas de reducir o mitigar la vulnerabilidad a la que se enfrentan los peruanos y los problemas mencionados, para ello se sustenta una propuesta de un prototipo del ladrillo con el objetivo de optimizar su resistencia frente a esfuerzos mecánicos.

La presente investigación tiene como objetivo contribuir al conocimiento científico abordando la vulnerabilidad a la que se encuentran los peruanos, mediante en la identificación y solución de problemas en la resistencia estructural de los ladrillos de arcilla usados en el país. Se busca innovar en el diseño de un prototipo de ladrillo con mayor resistencia a esfuerzos mecánicos a través de la aplicación de la metodología Design

Thinking. La finalidad de la investigación, es aportar a la reducción del riesgo sísmico, presentando una solución viable y efectiva para mejorar la resistencia de uno de los elementos más empleados en la edificación del Perú.

1.2 Descripción del Problema

En el Perú, la frecuencia de eventos sísmicos pone en riesgo las edificaciones y por tanto las vidas de los que lo habitan, agravado por la informalidad en la construcción que no cuenta con un asesoramiento adecuado, la necesidad de contar con ladrillos más resistentes se convierte en una prioridad urgente para mitigar los impactos negativos de estos factores. La falta innovación e investigación especialmente en el diseño de ladrillos, conlleva que se consolide la necesidad de desarrollar un prototipo de ladrillo innovador, capaz de mejorar significativamente su resistencia, proporcionando una solución efectiva y asequible para mejorar la seguridad de las construcciones en entornos sísmicos y mitigar los efectos de la informalidad en la construcción.

1.2.1 Riesgo sísmico

Según lo explicado por Tavera (2019) en un artículo del Instituto Geofísico del Perú (IGP), comenta que, a nivel mundial, el Perú es uno de los países de mayor potencial sísmico debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, región donde el planeta libera más del 85% de la energía acumulada en su interior debido a los procesos de convección del manto y la ubicación propicia para esto.

Sin embargo, los escenarios observados en cada área urbana, después de ocurrido un sismo de gran magnitud, han mostrado que el principal problema no es el evento sísmico, sino el crecimiento desordenado de las ciudades sobre suelos reconocidos como de alto riesgo como suelos no compactos, laderas de cerros, orillas de ríos, quebradas y la construcción de viviendas no adecuadas para soportar altos niveles de sacudimiento de suelo como materiales no adecuados y falta de orientación profesional o técnica.

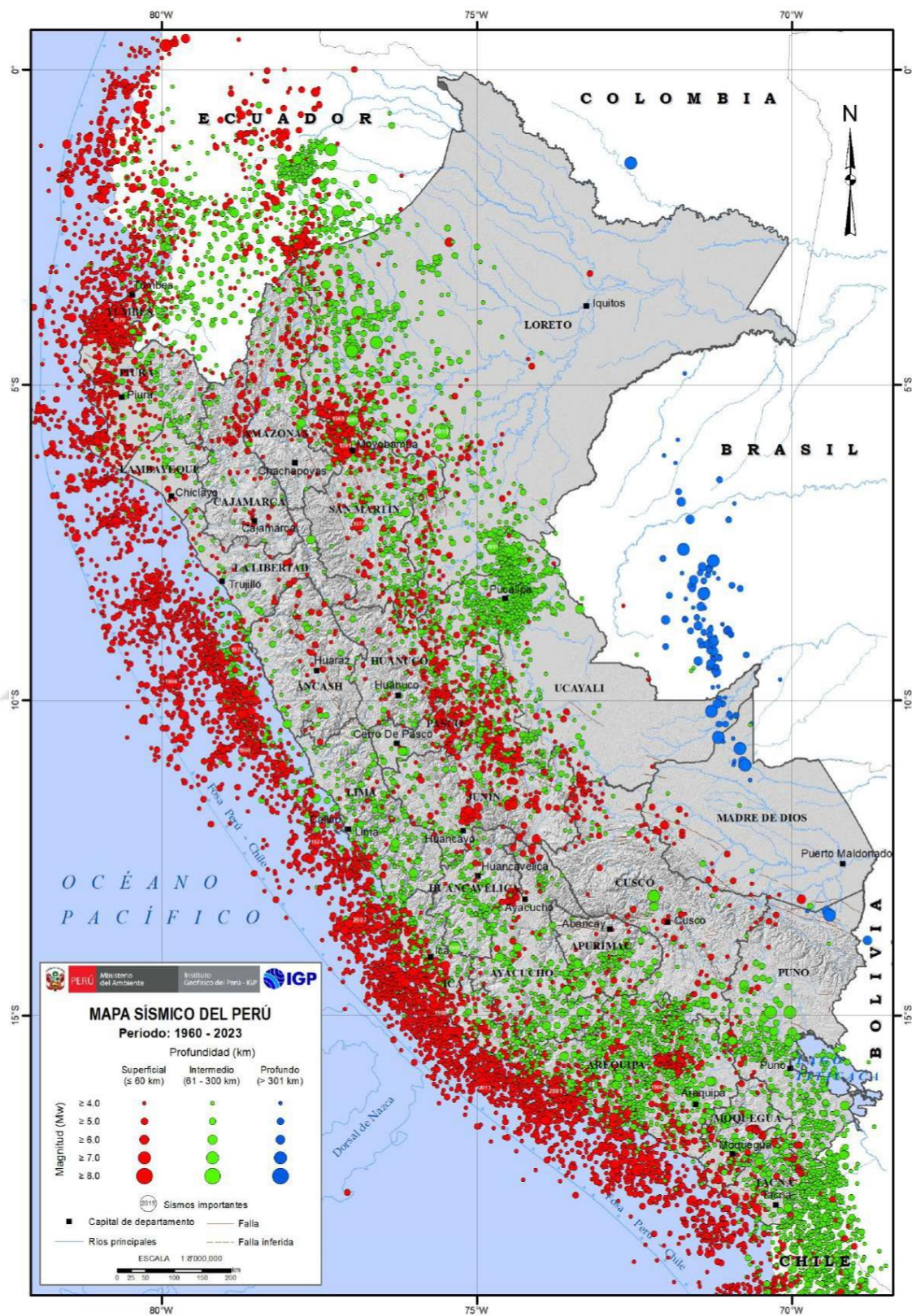
Otro estudio del presidente del Instituto Geofísico del Perú, Tavera (2017, p. 21) identifica en la zona costera de la región central del Perú, la presencia de una zona de acoplamiento sísmico máximo o aspereza que podría dar origen en el futuro, a un sismo de magnitud mayor a 8.5 Mw, un evento así sería el repetitivo del ocurrido en el año 1746, hace

270 años donde fallecieron solo en Lima al menos 6000 habitantes y aproximadamente 3000 mil edificios fueron destruidos.

Según el presidente de la Cámara de Peruana de la Construcción, Enrique Espinosa, en una entrevista de RPP. (2017), indica que el 70% de las viviendas erigidas en Lima y una proporción ligeramente mayor en otras áreas del país se construyen sin seguir un procedimiento formal, esto significa que las viviendas no han obtenido una licencia de construcción, no han sido edificadas por profesionales y no han sido sometidas a supervisión por ninguna autoridad. Además, se señaló que, según las estimaciones del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), en caso de un terremoto de gran magnitud, alrededor de 500000 viviendas podrían verse comprometidas, lo que podría resultar en aproximadamente 50000 personas fallecidas.

A través del Instituto Geofísico del Perú (2023) conocemos el mapa sísmico del Perú, el cual se aprecia en la Figura 1, cual muestra la distribución de los eventos sísmicos de mayor escala a 4.0, desde 1960 en adelante. A través de esta figura entendemos de la elevada peligrosidad sísmica en el Perú, se visualiza mayor actividad sísmica en las regiones del sur y centro del país, mientras que en el norte es moderada. Esta información facilita delimitar las zonas sismogénicas de nuestro país, siendo información básica para los diversos estudios que conlleve a la prevención sísmica. Si bien la ciencia ha logrado identificar las áreas más propensas a sufrir sismos y estimar su intensidad máxima, la capacidad de predecir la fecha y hora exactas de estos eventos geológicos aún es limitada. El Instituto Geofísico del Perú, a pesar de sus avances, no puede proporcionar una predicción precisa en este sentido.

Figura 1
Mapa Sísmico del Perú.



Fuente: Instituto Geofísico del Perú (2023)

1.2.2 Informalidad en el Perú

Para definir el término informalidad en el contexto del proceso de construcción, se considera todos aquellos procedimientos o procesos que no respetan la normativa vigente y reglas de la formalidad, es decir las actividades que se desarrollan fuera de la normatividad que rigen las actividades. Todas las personas y empresas que realizan sus operaciones económicas fuera del marco legal y normativo se pueden considerar parte del sector informal. Ser parte del sector informal puede representar estar al margen de las cargas tributarias y normas legales. Algunas actividades comúnmente relacionadas a la informalidad pueden ser trabajadores sin contratos y/o beneficios sociales, regulación excesiva, baja productividad, competencia desleal, incumplimiento de la ley, evasión de impuestos, incumplimiento de la normativa, evasión de los procedimientos legales entre otros.

En esta investigación, se define la informalidad como el fenómeno social, en el cual se realiza cualquier operación o actividad al margen de la ley o normativa que rige en la actividad económica donde se desarrolla el proceso.

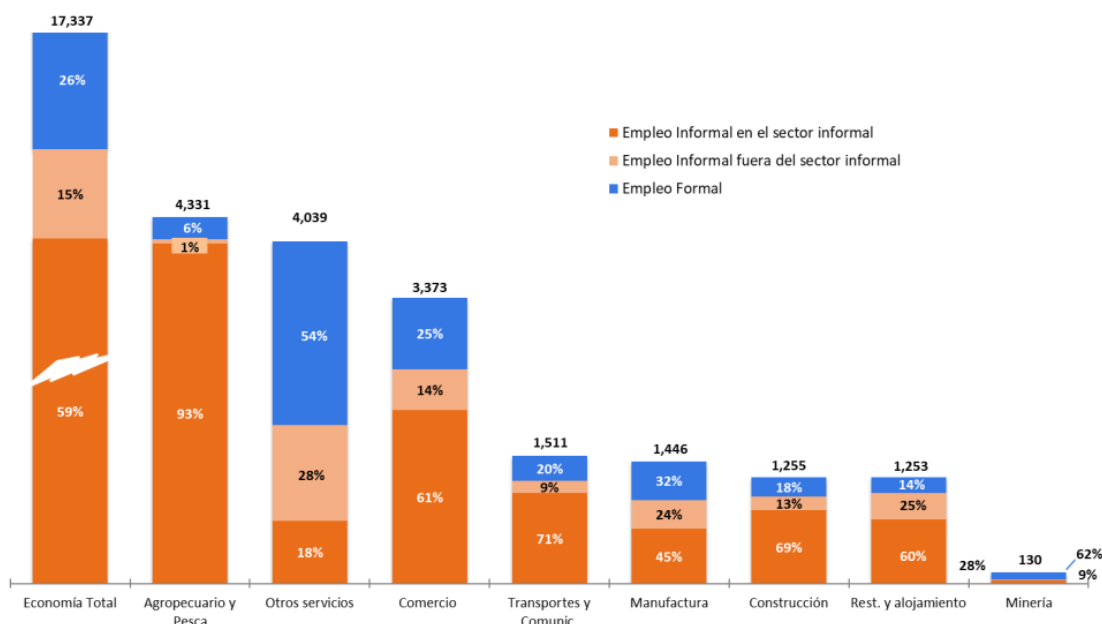
A. Medición de la informalidad

Dado que la informalidad se asocia con la actividad económica que opera al margen de los marcos legales y normativos del Estado, es más adecuado describirlo como una variable latente no observada, es decir, es una variable para la cual no existe una medida exacta y completa, pero se puede aproximarse mediante indicadores que reflejen sus distintos aspectos.

El primer indicador cuantificable que se lista para entender la informalidad en el contexto del proceso de construcción, es el empleo. El empleo informal, el cual existe dentro del sector informal y también fuera de él, ya que existen empleos informales en sectores institucionales que son considerados formales, estas instituciones formales son de cualquier tipo, incluida las instituciones públicas como el Estado.

Figura 2

Perú: empleo por actividad económica y condición de informalidad, 2022, expresado en miles de personas.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2023, p. 34)

Según la Figura 2, se entiende que el empleo informal en el Perú representa el 74%, de la economía total del país, así también el empleo informal en el sector construcción representa el 82%, se puede interpretar este preocupante dato como la cantidad de trabajadores que no laboran según las condiciones establecidas y estipuladas por ley.

Otro indicador relevante es el denominado como economía oculta según Enste & Schneider (2002, p. 2), el cual se resume en la tabla 1, los autores indican que la economía oculta, también conocida como subterránea, informal o paralela, engloba no solo actividades ilícitas, sino también los ingresos no reportados derivados de la producción de bienes y servicios legales, tanto a través de transacciones monetarias como de trueques. Por ende, esta forma de economía abarca todas las actividades económicas que normalmente estarían sujetas a impuestos si fueran declaradas a las autoridades tributarias. Definir con exactitud la economía oculta resulta un desafío, ya que esta está en continua evolución y se ajusta a las modificaciones del sistema tributario y de la regulación. La economía subterránea, por su propia definición, se resiste a ser medida con precisión. Aquellos que participan en ella hacen todo lo posible para permanecer en las sombras, los autores Enste & Schneider (2002,

p. 2), concluyen en su estudio que esta economía representa entre el 21% y 30% del PBI, de los países que denominan, países en transición.

Tabla 1

Tipos de actividades económicas subterráneas.

Tipo de actividad	Transacciones monetarias		Transacciones no monetarias	
	Evasión de impuestos	Elusión de impuestos	Evasión de impuestos	Elusión de impuestos
ACTIVIDADES ILÍCITAS	Comercio en bienes robados; producción y comercialización de drogas; prostitución; juegos de azar; contrabando; estafa.		Trueque de drogas, bienes o de contrabando; cultivo de drogas para uso personal; robo para uso personal.	
ACTIVIDADES LÍCITAS	Ingresos no declarados procedentes de trabajos por cuenta propia. Sueldos, salarios y activos procedentes de trabajo no declarado relacionado con bienes y servicios lícitos.	Descuentos a empleados, prestaciones.	Trueque de bienes y servicios lícitos.	Trabajos "hechos en casa" y ayuda de los vecinos.

Fuente: Enste & Schneider (2002, p. 2)

B. Causas de la informalidad en el Perú

Según Loayza (2007, p.8), la informalidad se manifiesta cuando los gastos de adherirse al marco legal y normativo de un país superan los beneficios asociados. La formalidad implica costos tanto para ingresar a este ámbito, que involucran procesos prolongados, complejos y costosos de inscripción y registro, como para mantenerse en él, como el pago de impuestos y el cumplimiento de normativas sobre beneficios laborales, salarios, medio ambiente y salud, entre otros.

Según Tello (2015, p. 5) en su informe, muestra que los trabajadores de la población económicamente activa y ocupada (PEAO) consideran al sector informal como opción voluntaria es el 27,6% para una muestra del año 2014. En contraste, en la opción llamada "último recurso y no voluntaria", esta cifra aumenta significativamente hasta alcanzar el 79,8%. Esto sugiere que la mayoría de los trabajadores informales no ingresan al sector informal por elección, sino por necesidad.

Desde el enfoque del proceso constructivo, las principales causas de la informalidad pueden ser la falta de acceso a financiamiento formal, la ausencia de planes de desarrollo urbano adecuados, la complejidad de los trámites para obtener permisos de construcción, la

precariedad del mercado laboral y la falta de capacitación en los trabajadores de la construcción.

La informalidad en el Perú se encuentra ampliamente extendida en el país y muestra niveles preocupantes, según indican las mediciones disponibles, situándola como una de las más elevadas a nivel mundial. Este fenómeno genera inquietud debido a que refleja una asignación ineficiente de recursos, especialmente de mano de obra, y un uso poco eficaz de los servicios estatales, lo que podría afectar las perspectivas de crecimiento económico del país. La evidencia comparativa sugiere que la informalidad en el Perú es resultado de la combinación de deficientes servicios públicos y un marco normativo que resulta oneroso para las empresas formales.

1.2.3 Autoconstrucción en el Perú

La autoconstrucción es una práctica común en el Perú, especialmente en zonas urbanas marginales y rurales. Si bien la autoconstrucción puede ser una forma de acceder a la vivienda para personas de bajos ingresos, también presenta desafíos y riesgos.

Figura 3

Fotografía de casa en San Juan de Lurigancho, Lima, Perú.



Fuente: La República (2023)

De acuerdo con una noticia reciente de la Universidad Católica San Pablo, Chalco (2023) sostiene que, en Arequipa, se estima un 70% de las construcciones de viviendas son informales, esto implicaría que carecen de licencia de construcción y planos, y además se utilizan materiales inadecuados, lo que las hace susceptibles a sufrir graves daños en caso de un terremoto. La reducción de costos asociada a este tipo de autoconstrucciones, a menudo financiadas con ahorros considerables, no compensarían las reparaciones que probablemente serán necesarias en el futuro. Entre las deficiencias más comunes que se observan en la autoconstrucción están la contratación de maestros de obra en lugar de profesionales para la planificación y ejecución de las edificaciones, así como el uso de materiales artesanales a fin de reducir los costos de inversión, encargar enteramente el proceso constructivo a un maestro de obra, prescindiendo del asesoramiento técnico especializado no es adecuado, ya que la edificación podría presentar problemas graves. Lo adecuado es contar con profesionales para proyectar la edificación y supervisar el proceso constructivo. En el caso de los materiales empleados, la normativa técnica vigente, no permite usar ladrillos artesanales más allá de los dos niveles, tampoco el uso de ladrillos tubulares, conocidos como pandereta en las zonas 3 y 4 de peligro sísmico delimitadas en Perú.

Concuerda Miguel Estrada, investigador del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) en una noticia de La República (2023), detallan que en Lima existen aproximadamente 1,8 millones de viviendas, de las cuales poco más de 1,2 millones son informales.

La Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) manifiesta en una noticia en La Prensa (2014), que según uno de sus estudios las construcciones informales tienen 53 veces más posibilidades de colapsar ante un evento sísmico, a comparación de una vivienda edificada formalmente.

Sostiene Ugarte (2020, p. 20), que la autoconstrucción es el fenómeno que adoptan los habitantes de cualquier país que carecen de un ingreso económico suficiente para costear los gastos de construcción de una vivienda. Esto implica que tienen un salario limitado que no les permite contratar a un arquitecto o ingeniero civil para la supervisión de la construcción ni adquirir materiales de calidad para el equipamiento del hogar.

Según una noticia publicada por RPP (2021), en el Perú el 80% de las viviendas se edifican de manera informal, y de ese porcentaje, la mitad son extremadamente susceptibles a sufrir daños en caso de un terremoto de gran magnitud, según datos proporcionados por la Cámara Peruana de la Construcción. Esta situación se agudiza en las áreas periféricas de las

ciudades, donde alcanza hasta un 90%. Asimismo, la Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios del Perú calcula que al año se edifican aproximadamente 50000 viviendas informales en Lima, a través de la autoconstrucción.

El director general del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres de la Universidad Nacional de Ingeniería, Carlos Zavala, explica que la reducción en los gastos que realizan en la autoconstrucción, principalmente en el uso de ladrillos tubulares o pandereta, los cuales no están diseñados ni se deben usar para muros portantes según la normativa vigente, aumenta considerablemente el riesgo de colapso de la edificación ante un evento sísmico.

Esto representa uno de los principales riesgos ante posibles sismos en el Perú, donde se erigen miles de viviendas informales cada año. Se entiende por informalidad que el proceso se realiza sin licencia o sin la supervisión de profesionales cualificados, como arquitectos o ingenieros civiles. Esto se debe a varios motivos, algunos de estos según la noticia de Rubio Leguía Normand (2020) son los siguientes:

- Dificultad o incapacidad para costear los honorarios de un profesional técnico.
- Falta de conciencia sobre la importancia de contar con asesoramiento profesional en términos de seguridad.
- Creencia errónea de que solo se necesita un maestro de obra para llevar a cabo la construcción.
- Voluntad de no cumplir con los requisitos debido a la percepción de que son complicados y tediosos.

El fenómeno de la autoconstrucción, para ser mitigado, exige un esfuerzo conjunto de diversos actores para mitigar sus riesgos y promover prácticas de construcción segura y formal. La responsabilidad no recae únicamente en las autoridades o en los propietarios, sino que involucra a todos los participantes del proceso.

Se ve así que principalmente la autoconstrucción tiene principalmente tres prácticas inadecuadas.

- Uso de materiales de construcción inadecuados o de baja calidad.
- No obtener una Licencia de Construcción en la Municipalidad correspondiente.

- Falta de asesoramiento profesional en el diseño, proceso y supervisión en el proceso constructivo, incluye que no se siga la normativa vigente.

Se entiende que la informalidad en la construcción tiene diversas consecuencias negativas, tanto para la población como para el país. Entre las principales consecuencias se encuentran la precariedad de las viviendas, la vulnerabilidad sísmica de las construcciones, el crecimiento urbano descontrolado, la proliferación de barrios informales, la precariedad de las condiciones de trabajo y la competencia desleal con las empresas formales.

Es importante que se tome conciencia sobre las consecuencias de la autoconstrucción e informalidad, ya que el costo de reparar los daños resulta considerablemente más alto que el gasto que habría implicado contar con profesionales adecuados para planificar y supervisar la el proceso constructivo en su totalidad.

1.2.4 Proceso formal de construcción en el Perú

El proceso formal de construcción en Perú está regulado por diversas leyes y normas, cuyo objetivo es el de garantizar la seguridad, calidad y sostenibilidad de las obras. A continuación, se presenta un resumen de los pasos clave involucrados. Un indicador cuantificable para este proceso es el proporcionado por el Grupo Banco Mundial (2020), en su informe Doing Business, midiendo regulaciones para hacer negocios, en este informe Perú se ubica en el puesto 65 sobre 189 países, y Arequipa ocupa el puesto 4 de 12 localidades evaluadas en la gestión de permisos de construcción, este indicador considera en su composición evalúa todos los procesos necesarios para que se pueda realizar un proceso de construcción así como el tiempo y costos asociados a cada uno de estos procedimientos, incluido el control de calidad en la construcción. La herramienta desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial para analizar este proceso que se uso es la matriz de análisis de procesos, esta principalmente ayuda a desglosar y visualizar de manera estructurada los pasos involucrados en un proceso específico. Esta matriz proporciona una representación detallada de las actividades, recursos y tiempos asociados con cada paso del proceso. Se resume los principales trámites y gestiones necesarias para obtener los permisos de construcción en la ciudad de Arequipa en la Tabla 2.

Tabla 2

Lista de trámites necesarios para la obtención de permisos de construcción en Arequipa.

Trámite	Dependencia	Tiempo (días)	Costo (S/.)	Comentarios
Certificado de parámetros urbanísticos y edificatorios.	Instituto Municipal de Planeamiento	7 días	40	Brinda información sobre el tipo de edificación, usos, altura máxima (en número de pisos), porcentaje de área libre, número de estacionamientos y otras especificaciones.
Certificado literal de partida registral de persona jurídica.	Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP)	1 día	45(*)	Acredita la representación legal vigente de la persona jurídica.
Certificado del predio.	Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP)	1 día	34(*)	Acredita las características, nombre del propietario actual y anterior, para la revisión de las facultades de los servicios.
Estudio geotécnico, estudio mecánica de suelos.	Laboratorio especializado	14 días	10062	Es necesario para realizar los cálculos estructurales de los cimientos y cumplir con los estándares de seguridad y estabilidad de obras establecidos.
Factibilidad de los servicios de agua y alcantarillado.	SEDAPAR	14 días	112	El certificado de factibilidad de servicios de agua y alcantarillado es requisito para tramitar la licencia de edificación.
Enviar revisión de anteproyecto a la Municipalidad.	Municipalidad a la cual pertenece el predio	10 días	230 (*)	El constructor presenta el anteproyecto para la revisión de la Comisión Técnica
Recibir inspección.	SEDAPAR	1 día	Sin costo	La Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento realiza una inspección de factibilidad en el predio.
Factibilidad del servicio de energía eléctrica.	SEAL	10 días	Sin costo	El certificado de factibilidad del servicio de energía eléctrica es necesario para gestionar la licencia de construcción.
Factibilidad de los servicios de agua y alcantarillado.	SEDAPAR	5 días	Sin costo	Luego de recibir la visita de inspección de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento, el constructor obtiene la factibilidad de los servicios.
Licencia de obra para edificación nueva.	Municipalidad a la cual pertenece el predio	35 días	804 (*)	Se deben presentar planos de ubicación, localización, arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, entre otros.
Solicitar y obtener la Póliza CAR (Todo Riesgo Contratista).	Compañía privada de seguros	1 día	2190	La Póliza CAR (Todo Riesgo Contratista) es un requisito indispensable para comenzar la construcción y la programación de las visitas técnicas.
Notificar a la Municipalidad sobre el comienzo de la construcción.	Municipalidad a la cual pertenece el predio	1 día	750	El pago es por concepto de verificación técnica, se asumen tres inspecciones.
Recibir primera inspección	Inspector municipal de obra	1 día	Sin costo	De acuerdo con el Reglamento de Verificación Administrativa y Técnica, se realizan un mínimo de tres inspecciones durante la construcción.
Recibir segunda inspección	Inspector municipal de obra	1 día	Sin costo	-
Instalación de los servicios de agua y alcantarillado.	SEDAPAR	25 días	681	Luego el estudio de factibilidad, el constructor solicita y obtiene la conexión a los servicios de agua potable y alcantarillado.
Recibir tercera inspección.	Inspector municipal de obra	1 día	Sin costo	-
Solicitar la conformidad de obra y declaratoria de edificación.	Municipalidad a la cual pertenece el predio	2 días	796 (*)	-
Recibir inspección final.	Municipalidad a la cual pertenece el predio	1 día	Sin costo	Las autoridades municipales ejecutan una inspección final para verificar que la obra se ha ejecutado de acuerdo con lo aprobado en la licencia de edificación.
Certificado de conformidad de obra y declaratoria de edificación.	Municipalidad a la cual pertenece el predio	10 día	Sin costo	Se emite el informe favorable, sellado de planos y suscribir en el Formulario Único, la conformidad.
Registro de la declaratoria de fábrica.	Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP)	9 días	3329 (*)	Una vez obtenida la conformidad de obra y declaratoria de edificación por parte de la Municipalidad, el constructor solicita el registro de la nueva edificación ante la SUNARP.

Fuente: Grupo Banco Mundial (2020)

Elaboración propia.

1.2.5 Índice de control de calidad en la construcción

Este indicador proporciona una visión integral de la calidad y la regulación en el proceso constructivo en Perú, destacando áreas de fortaleza y áreas donde pueden ser necesarias mejoras continuas para garantizar la seguridad y la calidad de las edificaciones,

así también proporciona una evaluación de varios aspectos relacionados con la calidad y la regulación en la industria de la construcción en el país.

El índice de control de calidad en la construcción se basa en seis subíndices, los cuales son los siguientes.

- Índice de calidad de las normas de construcción,
- Índice de control de calidad antes del proceso constructivo.
- Índice de control de calidad durante el proceso constructivo.
- Índice de control de calidad después del proceso constructivo.
- Regímenes de responsabilidad y seguros.
- Índice de certificaciones profesionales.

La evaluación del índice de control de calidad en la construcción en la ciudad de Arequipa, se pueden representar el proceso de control de calidad de la manera siguiente en la Tabla 3.

Tabla 3

Sub índices del indicador de control de calidad en la construcción en la ciudad de Arequipa.

Índice de calidad de las normas de construcción	Respuesta
¿Dónde se encuentra disponible la normativa de los procesos constructivos?	De manera digital, en línea.
¿Donde se encuentran los requisitos e información necesarios para obtener una licencia de construcción?	De manera digital, en línea.
Índice de control de calidad antes de la construcción	Respuesta
¿Quiénes revisan y aprueban las solicitudes de permisos de construcción en la entidad responsable de emitirlos?	Forman parte del equipos un arquitecto licenciado y colegiado / un ingeniero licenciado y colegiado.
Índice de control de calidad durante la construcción	Respuesta
¿Qué inspecciones obligatorias se ejecutan durante la construcción?	Supervisión por el ingeniero civil residente durante las principales fases del proceso, inspecciones basadas en el riesgo.
¿Se realizan las inspecciones obligatorias por ley?	Mas del 50% de empresas que trabajan bajo un proceso constructivo formal.
Índice de control de calidad después de la construcción	Respuesta
¿Es necesario una inspección final obligatoria, con el fin de verificar la edificación según los planos aprobados y la regulación existente?	Sí por una agencia pública o un supervisor externo
¿Se cumple la inspección de final obligatoria por ley?	Sí, siempre
Índice de regímenes de responsabilidad y seguros	Respuesta
¿Quiénes son responsables ante la ley en caso de fallas o problemas estructurales?	El arquitecto o ingeniero residente; el profesional encargado de la supervisión; la constructora; el propietario o inversor del proyecto.
¿La ley obliga contratar una póliza de seguro para cubrir posibles fallas o problemas estructurales, luego de terminado el proyecto?	La ley no lo obliga.
Índice de certificaciones profesionales	Respuesta
¿Según ley, cuáles son lo requisitos que debe cumplir el profesional responsable de verificar que los planos cumplan con la normativa vigente?	Licenciatura y colegiatura de arquitectura o ingeniería.
¿Cuáles son los requisitos debe cumplir el profesional que supervisa o realiza la inspección técnica de la obra?	Licenciatura y colegiatura de arquitectura o ingeniería.

Fuente: Grupo Banco Mundial (2020)

Elaboración propia.

En resumen, la alta sismicidad en Perú, combinada con la informalidad y la autoconstrucción prevalente en el sector de la construcción, plantea un serio riesgo para la seguridad de las edificaciones y la vida de sus habitantes. La carencia de materiales adecuados y la falta de supervisión profesional agravan este problema, subrayando la urgente necesidad de desarrollar soluciones innovadoras, como un prototipo de ladrillo más

resistente, que pueda mejorar la seguridad de las construcciones y mitigar los impactos negativos de la construcción informal.

Para la presente tesis se decidió investigar sobre el ladrillo debido a los datos obtenidos de El Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018, p. 23) que indica, mediante Censo realizado en el año 2017, que el 55,8% del total de viviendas en el Perú están elaboradas de albañilería, siendo el ladrillo el elemento constructivo más usado en nuestro país, es aquí donde se encuentra la necesidad de mejorar estructuralmente este elemento.

1.3 Formulación del Problema

1.3.6 Interrogante general

- ¿Cómo aplicar la metodología Design Thinking para el diseño de un prototipo de ladrillo de arcilla para aumentar su resistencia estructural?

1.3.7 Interrogantes específicas

Los principales aspectos desconocidos que marcaran el inicio de la investigación, son los siguientes:

- ¿La metodología Design Thinking es una herramienta de la Ingeniería Industrial adecuada para diseñar o prototipar?
- ¿Qué antecedentes respaldan las mejoras propuestas a los ladrillos?
- ¿Cómo aplicar la metodología Design Thinking para diseñar un prototipo de ladrillo?
- ¿Es posible que la presente investigación sirva como referencia para futuras investigaciones?
- ¿Cómo se evaluará el prototipo de ladrillo?

1.4 Justificación de la Investigación

Se considera importante llevar a cabo la presente investigación ya que esta puede ayudar a mitigar el impacto de eventos sísmicos en las viviendas, contribuyendo así con la

protección de la vida y los bienes en el país. En esta investigación se propone diseñar un nuevo ladrillo mejorando la resistencia del ladrillo, la cual es un factor crítico para determinar la seguridad y durabilidad de una estructura.

Otra razón importante para desarrollar esta investigación, es que esta se caracteriza por un enfoque innovador, contribuyendo así con el desarrollo tecnológico en el campo de la construcción, así como puede impulsar nuevas ideas y soluciones para los materiales de la construcción.

Considerando la informalidad en la construcción en el Perú, así como el desconocimiento sobre el uso correcto de ladrillos, controles de calidad adecuados y el gran riesgo sísmico al cual el país se está expuesto. Se identifica la necesidad de aumentar las capacidades mecánicas de un ladrillo pudiendo ser útil para mejorar la calidad de la construcción de edificios y estructuras con ladrillos, lo que puede aumentar la seguridad y durabilidad de las edificaciones.

1.5 Limitaciones de la Investigación

Las limitaciones de la investigación son aspectos o condiciones que representan obstáculos para lograr los objetivos de una investigación. Las limitaciones restringen o condicionan la validez, aplicabilidad y generalización de los resultados de una investigación. Son condiciones que el investigador reconoce y señala como factores que podrían haber influido en los resultados o que limitan la interpretación y la extrapolación de los hallazgos.

1.5.1 Limitaciones de tamaño de muestra

Al proponer una nueva geometría en el diseño de un ladrillo, puede ser complicado obtener una muestra lo suficientemente grande para realizar pruebas de control de calidad estadísticamente significativas. Esto puede limitar la generalización de los resultados obtenidos en la investigación. En el caso de la presente investigación, si se prueba un número limitado de ladrillos, es posible que los resultados no sean representativos de la población general de ladrillos. Esto podría llevar a una falta de información o datos sobre la resistencia y durabilidad del nuevo diseño.

Una investigación con limitaciones semejantes es la de Cavaco & Grilo & Paulo-Gouveia & Julio & Neves (2018), en donde se menciona que se utilizó un tamaño de muestra

limitado, e indica que los resultados obtenidos podrían no ser generalizados a todas las geometrías de ladrillos de arcilla.

1.5.2 Limitaciones de tiempo

Otra limitación considerable podría ser el tiempo disponible para realizar pruebas exhaustivas y análisis detallados del prototipo, podría ser difícil realizar pruebas a largo plazo para evaluar la resistencia y durabilidad del nuevo diseño de ladrillos en diferentes condiciones. Esto podría limitar la capacidad de obtener resultados completos y generalizables en un período de tiempo, principalmente a largo plazo.

En una investigación elaborada por Gunasekaran & Annadurai & Kumar (2012), menciona que el estudio se limitó a un corto período de tiempo y recomienda investigaciones adicionales para evaluar la durabilidad a largo plazo de los ladrillos en diferentes condiciones ambientales y escenarios de carga.

1.5.3 Limitaciones de recursos financieros

Las investigaciones sobre el diseño de prototipos de productos físicos también pueden enfrentar limitaciones financieras. Puede resultar ser costoso adquirir los materiales necesarios para fabricar los prototipos, así como para llevar a cabo pruebas de laboratorio o ensayos de campo. La falta de recursos financieros adecuados podría limitar la capacidad de realizar todas las pruebas y análisis necesarios para validar los nuevos diseños de ladrillos.

Una investigación con limitaciones semejantes es la de Singh & Kumar & Goyal (2019), en donde debido a restricciones de recursos, la prueba de resistencia a la compresión se limitó a un tamaño de muestra más pequeño, también recomiendan estudios adicionales para evaluar la resistencia a la compresión de los bloques bajo diferentes condiciones de curado y patrones de carga.

1.6 Objetivos de la Investigación

1.6.4 Objetivo general

Diseñar un prototipo de ladrillo de arcilla para mejorar su resistencia estructural, usando la Metodología Design Thinking.

1.6.5 Objetivos específicos

- Proponer un prototipo de ladrillo, incorporando cambios en la geometría y la distribución de alveolos para mejorar su resistencia estructural.
- Revisar antecedentes internacionales y nacionales relevantes para comprender conceptos innovadores y viables en la propuesta de diseño de un ladrillo.
- Sustentar una investigación que sirva como referencia y base para futuras investigaciones, promoviendo nuevas ideas y soluciones para optimizar los materiales y procesos constructivos.
- Evaluar el prototipo de mediante ensayos de control de calidad.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis General

El diseño de un prototipo de ladrillo de arcilla utilizando la metodología Design Thinking mejorará significativamente su resistencia estructural en comparación con los ladrillos tradicionales

1.8 Variables de estudio

Para el presente estudio, en el capítulo presente, se definieron las variables que guiarán el análisis y evaluación del diseño del prototipo de ladrillo de arcilla. Las cuales permiten medir de manera objetiva los resultados del proceso utilizando la metodología Design Thinking. La variable independiente es el propio diseño del prototipo de ladrillo, el cual será modificado en su geometría y distribución de alveolos para mejorar su resistencia estructural. Por otro lado, la variable dependiente es la resistencia estructural del ladrillo, evaluada a través de ensayos de resistencia a la compresión que compararán el rendimiento del prototipo frente a los ladrillos convencionales.

Tabla 4

Variables de estudio.

Variables	Indicadores	Índices	Medida
Variable Independiente: Diseño de un prototipo ladrillo de arcilla utilizando la metodología Design Thinking.	Etapas del proceso de diseño.	Eficiencia del uso de la metodología Design Thinking.	Número de iteraciones necesarias para alcanzar el diseño final.
	Grado de innovación del prototipo.	Características distintas al ladrillo común.	Número de características innovadoras introducidas.
Variable dependiente: Mejora de la resistencia estructural.	Ensayo de resistencia a la compresión de unidades.	Kilogramos / centímetros cuadrados	Comparación de la resistencia a la compresión del ladrillo prototipo frente a ladrillos comunes

1.9 Conclusiones parciales del capítulo I

Sintetizando la información del Capítulo I se destaca que el Perú enfrenta un grave riesgo sísmico debido a su ubicación, este riesgo se ve agravado por la informalidad en el sector de la construcción, donde un alto porcentaje de edificaciones se construyen sin cumplir con las normativas del sector y utilizando materiales inadecuados. La autoconstrucción, que es una práctica común en nuestro país, contribuye significativamente a la vulnerabilidad de las viviendas, incrementando la posibilidad de colapsos durante un evento sísmico, es por esto la importancia de desarrollar soluciones innovadoras para mejorar el material más usado en el sector constructivo como lo es el ladrillo, aumentando su resistencia, con el objetivo de mitigar los efectos negativos de estas prácticas informales en la construcción.

En cuanto a la justificación, se resalta la relevancia de la investigación para contribuir al conocimiento y al desarrollo de una solución tecnológica con un enfoque innovador. Este estudio busca incrementar la seguridad y durabilidad de las viviendas en el país, reduciendo los riesgos asociados a los sismos y la informalidad en la construcción.

Las limitaciones de la investigación se centran en el tamaño de la muestra, el tiempo disponible para las pruebas y los recursos financieros. Estas restricciones afectan la capacidad de realizar evaluaciones exhaustivas y generalizar los resultados, lo que podría requerir estudios complementarios en el futuro para validar los hallazgos obtenidos en el presente trabajo.

Los objetivos de la investigación, tanto generales como específicos, están orientados a proponer un prototipo de ladrillo con una geometría optimizada para mejorar su resistencia estructural. Se busca evaluar y validar este diseño mediante pruebas normadas, estableciendo una base sólida para futuras investigaciones que promuevan el desarrollo de materiales de construcción más seguros y eficientes en Perú.



CAPITULO II MARCO TEORICO

2 Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Primer antecedente

Según Cuevas & Huacacha (2022) en su investigación, propone modificar el diseño geométrico de los alveolos en los ladrillos planteando nuevas soluciones para el problema identificado, el cual es la falta de bloqueo de sonidos altos y reducir el ruido externo, en los ladrillos tradicionales. Para ello, se propone modificar la geometría interna de las unidades de albañilería más utilizadas sin cambiar sus dimensiones externas.

A. Objetivo

El principal objetivo es diseñar ladrillos con alveolos modificados para lograr una mayor capacidad de absorción de sonido en relación a los ladrillos convencionales del mercado local.

B. Metodología

La investigación se basa en la producción de cuatro modelos distintos de ladrillos con alveolos alterados en comparación con los modelos tradicionales disponibles en el mercado local, para luego someterlos a diversos ensayos para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, cumpliendo con la Norma Peruana E.070.

C. Hallazgos

La investigación concluye que es posible mejorar el aislamiento acústico y capacidad de absorción de los ladrillos mediante la modificación de forma y distribución de los alveolos en los ladrillos, esto comprobado por diferentes pruebas realizadas, siendo la prueba de ultrasonido la principal herramienta utilizada.

D. Aporte

La investigación aporta un precedente para futuras investigaciones sobre la importancia de la geometría de los alveolos y su influencia en las propiedades acústicas de los ladrillos, así como en su capacidad de resistencia a calor y fuego.

2.1.2 Segundo antecedente

Según lo expuesto por Andrade & Carrasco (2021), en su investigación referente al análisis del nivel de desconocimiento sobre la utilización del ladrillo tubular o pandereta, se lista la información más importante de la manera siguiente.

A. Objetivo

El estudio busca determinar el nivel de desinformación sobre el uso del ladrillo pandereta en la construcción de edificaciones de albañilería confinada. Así también busca identificar posibles riesgos y consecuencias derivadas de la falta de conocimiento sobre el uso de este ladrillo

B. Metodología

El enfoque de esta investigación es cualitativo, ya que se recopilaban las razones, explicaciones, argumentos y prácticas de constructores, propietarios y profesionales respecto al uso del ladrillo pandereta. Posteriormente, estos datos fueron interpretados y analizados para determinar el grado de desinformación sobre el uso de este tipo de ladrillo en la zona de estudio.

C. Hallazgos

Preocupantemente se concluyó que el 70% de la población tiene desconocimiento sobre la función estructural que cumplen los muros de albañilería confinada en su vivienda y también que solo el 10% de la población tuvo un asesoramiento profesional durante toda la ejecución de su vivienda, así también el 33% de la población tienen un alto nivel de

desinformación, el 57% cuentan con un nivel de desinformación medio, y solo el 10% de la población está bien informada sobre el uso correcto del ladrillo pandereta.

D. Aporte

El estudio recomienda implementar un programa de concientización sobre las buenas prácticas constructivas en albañilería confinada, difundiendo los riesgos y peligros que conlleva el mal uso del ladrillo pandereta en zonas de alta sismicidad y promover el asesoramiento profesional.

2.1.3 Tercer antecedente

Se resalta como antecedente la investigación de Roman (2021), sobre el uso de la metodología Design Thinking para el diseño e implementación de un prototipo el cual represente un tablero de ajedrez manipulado por voz a través de un aplicativo móvil que permita la interacción en el juego de dos oponentes de manera remota.

A. Objetivo

El objetivo de la investigación es diseñar e implementar un prototipo de tablero de ajedrez manipulado por voz a través de un aplicativo móvil.

B. Metodología

La metodología Design Thinking se utilizó como la principal herramienta para el análisis y entendimiento de la problemática en sus distintos contextos, así como la de los diferentes usuarios, con el objetivo de mejorar la eficacia la investigación desde el entendimiento del problema principal, hasta el diseño e implementación del prototipo.

C. Hallazgos

La investigación concluye que la metodología Design Thinking es una herramienta útil y adecuada para el análisis y entendimiento de la problemática, el diseño e implementación de prototipos en general.

D. Aporte

La investigación suma un precedente más sobre la aplicación de la metodología Design Thinking para mejorar la eficacia de una investigación desde el entendimiento del problema principal hasta el diseño e implementación del prototipo.

2.1.4 Cuarto antecedente

Revisando la investigación de Santos (2018) sobre el diseño de bloques de termoarcilla, se encontró que esta surgió debido al deficiente rendimiento térmico observado en las albañilerías de ladrillo de arcilla nacional. Este problema se agravaba por las diversas demandas térmicas en las distintas zonas bioclimáticas de Perú. La necesidad imperante de mejorar el comportamiento térmico llevó a buscar una solución técnica y económicamente viable.

A. Objetivo

El objetivo de la investigación es diseñar un bloque de termoarcilla con propiedades específicas que ofrezcan un comportamiento adecuado ante cargas sísmicas y mejoren el aislamiento térmico de las viviendas, proporcionando así mayor confort y ahorro económico a los habitantes.

B. Metodología

Se investiga la distribución óptima, tamaño y contenido de cámaras de aire en la geometría del bloque. El estudio se centró en desarrollar una nueva unidad cerámica, investigando la distribución óptima, tamaño y contenido de cámaras de aire en la geometría

de la unidad para mejorar su comportamiento térmico sin comprometer su resistencia y durabilidad.

C. Hallazgos

Se obtuvo el primer producto cerámico en Perú que relaciona conceptos de diseño térmico, aumentando las características de aislamiento térmico sin variar sus características físicas, mecánicas ni costo.

D. Aporte

El principal aporte es el académico, este tipo de investigaciones son cruciales para el futuro de la industria de la construcción en albañilería en Perú, ya que los productos actualmente disponibles en el mercado no cumplen con las nuevas regulaciones térmicas.

2.1.5 Quinto antecedente

Revisando la investigación de Corbella & Fernández & Hernández & Armisen (2014), la cual sustenta la manera como la visión especial y el pensamiento gráfico analíticamente y gráficamente pueden optimizar el análisis gráfica de nuevas geometrías alveolares para mejorar el diseño de los ladrillos en diversos puntos.

A. Objetivo

Diseñar un ladrillo con perforaciones hexagonales.

B. Metodología

Se enfatiza el papel esencial del Dibujo Técnico y herramientas CAD como una herramienta versátil para la expresión y la comunicación. Esta herramienta resulta fundamental en el desarrollo de procesos de prototipado de diseños tecnológicos, proporcionando una base científica y una comprensión integral. La investigación demuestra tanto visual como analíticamente que la habilidad de visualización espacial y el pensamiento gráfico permiten abordar problemas de la vida real, idear soluciones desde múltiples

perspectivas, planificar y ejecutar proyectos, así como facilitar la toma de decisiones en relación con objetos y procesos tecnológicos. A partir del entendimiento del Dibujo Técnico y el uso de herramientas de CAD, se realizaron análisis gráficos para mejorar y optimizar una propuesta de alteración en la geometría de las celdas rectangulares de ladrillos convencionales a celdas hexagonales.

C. Hallazgos

El diseño logrado mediante una metodología y posteriormente la elaboración física del prototipo demostraron que las perforaciones hexagonales permiten una mayor amortiguación acústica que la nueva geometría interna de los ladrillos mejora la eficiencia y el amortiguamiento acústico de las paredes construidas con ladrillos cerámicos huecos horizontales, se demuestra que un ladrillo mejorado, tiene las propiedades de aislamiento acústicos a cuatro ladrillos convencionales, se resalta que se mantuvo el mismo tamaño de los ladrillos convencionales, sin aumentar los costos ni de fabricación.

D. Aporte

La investigación permitió a los investigadores y el centro de estudios obtener una patente española por la Universidad Politécnica de Madrid. Así también, los investigadores indican que se ofrecerá esta investigación a proveedores de maquinaria y tecnología para la industria cerámica, a fabricantes y usuarios de ladrillos. Se les ofrecerá el uso de estos diseños y la patente para su participación en este proyecto de I+D.

2.2 Marco de Referencia Teórico

2.2.1 Diseño

A. Definición

Revisando la información dada por World Design Organization (2023), se entiende que el Diseño Industrial es un proceso estratégico de resolución de problemas que impulsa la innovación, genera éxito empresarial y conduce a una mejor calidad de vida a través de productos, sistemas, servicios y experiencias innovadores. El Diseño Industrial cierra la

brecha entre lo que existe y lo que es posible, se trata de una profesión transdisciplinaria que aprovecha la creatividad para resolver problemas y crear de manera conjunta soluciones con la intención de mejorar un producto, sistema, servicio, experiencia o negocio ofreciendo una forma más optimista de mirar el futuro al replantear los problemas como oportunidades, vincula innovación, tecnología, investigación, negocios y clientes para proporcionar nuevo valor y ventaja competitiva.

B. Características

Revisando a Rivas (2014, p. 47), en términos de caracterización de diseño, se utiliza el concepto de calidad de concepto para describir las características planeadas del producto que satisfacen las necesidades del mercado. Esto incluye la calidad de investigación de mercado, que se refiere a la adecuación del producto para el usuario, y la calidad del concepto, que abarca las características previstas que satisfacen las necesidades reales del mercado, como la facilidad de uso, la seguridad y la consideración ambiental. También se considera la calidad de especificación, que es el grado de cumplimiento desde la concepción del producto hasta la satisfacción de las necesidades en cada etapa de desarrollo del producto.

C. Tipología

Es así como González & Domingo & Sebastián (2014, p. 169 - 190), presentan técnicas importantes en el proceso de diseño de productos, están son:

- **Análisis Modal de Fallos, Efectos y Criticidades (AMFEC):** es un enfoque analítico usado en la etapa de diseño de un producto o servicio. Su propósito es evaluar la probabilidad de ocurrencia de un fallo, determinar la gravedad del fallo y evaluar la posibilidad de detectarlo y prevenirlo. Reúne los conocimientos de expertos para identificar las debilidades potenciales en un producto. Proporciona información valiosa que ayuda a identificar y priorizar las características que pueden requerir controles especiales en el producto. Es útil tanto en la fase de diseño de nuevos productos o servicios como en mejoras de los mismos.
- **Despliegue de la Función Calidad (QFD):** es un método estructurado y organizado que facilita la conversión de las necesidades y deseos del cliente en requisitos específicos para un producto o servicio. A través de una serie de etapas que

involucran a todos los departamentos de una empresa, el método asegura que las preferencias del cliente se consideren en todas las fases del ciclo de producción, Este enfoque, fue desarrollado por Yoji Akao, en los años 70 y se difundió ampliamente. Los aspectos más importantes son:

- Despliegue de calidad, se encarga de convertir las demandas y expectativas del cliente en especificaciones técnicas, determinando así la calidad del diseño del producto final. Se desglosa sistemáticamente las relaciones entre los elementos, comenzando por la calidad de cada componente y avanzando hacia niveles más profundos de calidad tanto en los componentes como en el proceso mismo.
- Calidad funcional, se refiere a la responsabilidad de la empresa para asegurar que su producto o servicio sea adecuado y satisfactorio para el cliente en términos de su utilidad y desempeño. Trata de garantizar que el producto o servicio cumpla con las necesidades y expectativas del cliente desde su perspectiva.
- Función de pérdida de Taguchi: fue ideada por Genichi Taguchi, esta se enfoca en evaluar las pérdidas que un producto causa desde su concepción, abarcando los costos que la empresa incurre al fabricar un producto defectuoso, los efectos en los clientes del producto. Esta función asigna un valor a las características de calidad, considerando el valor máximo deseado y relacionándolo con las desviaciones mediante una función cuadrática. La optimización del nivel de calidad de un producto minimiza esta pérdida. A través de esta función cuadrática, se cuantifican todas las mejoras en términos de ahorro de costos y se expresa el grado en que el diseño no cumple con las expectativas.
- Análisis del Valor: Se utiliza en la fase de rediseño de productos, teniendo en cuenta la perspectiva del cliente, es decir, se evalúa si el cliente utilizará el producto de manera más eficiente o si valorará más ciertas características. Para lograr esto, se analizan las funciones que realiza el producto y se examinan los costos asociados a cada una de ellas. El objetivo es optimizar la relación entre la función y el costo, eliminando así los costos que no aportan valor al producto. Se denotan cuatro tipos:

- Valor de realización: es un valor en términos negativos ya que abarca todos los gastos relacionados con la producción.
- Valor de uso: es un valor positivo y está relacionado con las características de un producto que lo hacen apropiado para cumplir con una funcionalidad específica.
- Valor de estima: es un valor positivo relacionado con atributos del producto que lo vuelven más atractivo para el cliente.
- Valor de cambio: es un valor positivo que se vincula con la capacidad de un producto para ser intercambiado por otro.

D. Proceso

Es así como Rodríguez (2014, p. 98), indica que la estructura básica de cualquier modelo del proceso de diseño es la siguiente: problema, análisis, generación de alternativas, síntesis, evaluación. El proceso comienza con la identificación del problema, seguido del análisis de su estructura y sus componentes. Luego, se procede a generar diversas opciones de solución, de las cuales se elige la que mejor se adapte a las características del problema en cuestión. Finalmente, se lleva a cabo una evaluación de esta solución. Otro modelo más específico y detallado es el siguiente: problemática, definición del problema de diseño, análisis de los datos, enfoque de la solución, análisis del problema, programa de los requisitos, generación de alternativas, síntesis de la alternativa óptima, comunicación del resultado, evaluación del resultado.

E. Metodología

Revisando la información de Rodríguez (2015, p. 19 – 23), los resultados de la materialización del diseño se traducen en la creación de productos, estructuras y sistemas que previamente no estaban presentes. La metodología del diseño se puede describir de manera efectiva como un conjunto de directrices que actúan como una brújula para guiar al diseñador a lo largo del proceso del proyecto. La metodología incluye las siguientes etapas o fases.

- Planteamiento o estructuración del problema.
- Proyección o desarrollo proyectual.

- Producción o fabricación.

De la misma manera, se deben considerar todas las etapas específicas para lograr de manera efectiva el propósito de cada macroestructura. Se debe tener en cuenta el objetivo se determinará cuando se establezcan las variables del problema específico de diseño industrial que se pretende resolver.

2.2.2 Análisis

A. Definición

De esta manera Moabro (2014, p. 31 – 32) define que el proceso de análisis es fundamental cuando se comienza a trabajar en un proyecto específico. Una forma efectiva de comprender visualmente el tema en cuestión es mediante la utilización de un diagrama de flujo. Revisando preguntas clave, es posible obtener un diagnóstico sólido de la situación relacionada con el problema que se está tratando. Los diagramas de flujo, a menudo conocidos con el nombre de flujogramas, se emplean por parte del analista con el propósito de representar de manera visual el funcionamiento del sistema existente o la ejecución del nuevo sistema. El Diagrama de Flujo de Datos abarca una serie de decisiones que deben seguirse más adelante para resolver efectivamente el problema. Su relevancia principal reside en su capacidad para representar de manera visual una secuencia de acciones que, si se describieran en texto, requerirían numerosas páginas. Es efectiva como medio de comunicación con otros campos, particularmente cuando se busca establecer comunicación técnica.

B. Características

De la manera siguiente Figuera (2013, p. 15 – 17) indica que la característica principal de los problemas que pueden surgir en el análisis del producto es que tienden a ser recurrentes y persistentes, lo que permite categorizarlos. Cualquier contratiempo que se manifieste durante la etapa de fabricación puede ser identificado y resuelto en etapas posteriores, mediante la modificación de los parámetros involucrados. En la fase de desarrollo de un nuevo producto, por lo general, no existe una conexión tan directa entre los errores de diseño y los problemas que puedan surgir cuando el producto está en plena

producción. Por tanto, es básico establecer una relación entre los eventos en ambas fases mediante una serie de herramientas que permitan realizar un análisis detallado. La implementación de un plan de seguimiento y la producción de una serie inicial de productos deben corroborar que tanto el producto como el proceso se han desarrollado de manera adecuada.

C. Tipología

Tal como lo indica Quiroa (2021), el análisis del producto implica un examen minucioso, lo que facilita una comprensión más profunda de sus características, su funcionamiento y su desempeño en el mercado. Este proceso de análisis requiere una investigación exhaustiva de todos los aspectos relevantes de un objeto, en este caso, el producto, siendo necesario identificar previamente las variables clave que se desean estudiar, luego se realiza una revisión minuciosa de cada uno de los aspectos de interés. El análisis del producto puede abordarse desde los siguientes enfoques:

- **Morfológico:** se centra en examinar la forma de un producto particular, se concentra en describir el producto a través de la observación, que requiere disponer de un gráfico u objeto que represente al producto en cuestión. Se pueden emplear diagramas, modelos y planos que faciliten la descripción del producto mediante la observación. Esto permitirá la identificación de todas sus características externas, como sus formas, contornos, colores y texturas, destacando algunos de los aspectos más significativos.
- **Estructural:** se refiere al examen de todos los componentes que se vinculan con el producto. El objetivo es comprender para qué propósito ha sido concebido y fabricado, este proceso implica el estudio de cada componente y la evaluación de sus relaciones mutuas, con este análisis, es posible ensamblar o desmontar el producto con el propósito de identificar cada una de sus partes y sus conexiones, permitiendo que el producto cumpla con su función.
- **Funcional:** se orienta a comprender el funcionamiento de un producto. La función se refiere a la manera en que el producto alcanza el propósito para el cual fue concebido, diseñado y fabricado. Todos los productos están destinados a satisfacer las necesidades de los consumidores, por lo que el análisis funcional permite establecer su utilidad y su propósito de uso.

- **Funcionamiento:** el análisis de rendimiento, tiene como objetivo proporcionar una descripción acerca de la operatividad del producto, se centra en cómo el producto opera, su costo de funcionamiento y su desempeño.
- **Económico:** conlleva una evaluación detallada de los gastos asociados a la producción incluyendo una consideración especial de los costos principales, como los materiales, la mano de obra, el empaque, el transporte y la distribución. El objetivo es establecer una relación costo-beneficio entre la inversión realizada en el proceso de producción y el precio de venta previsto en el mercado.
- **Comparativo:** este análisis busca examinar tanto las similitudes como las disparidades que presenta el producto en estudio en relación con otros productos competidores. Esta comparación puede basarse en aspectos como la función, el desempeño, la estructura, la apariencia y la tecnología empleada en su fabricación, el propósito es identificar qué diferencias destacan de manera relevante en comparación con otros productos.
- **Histórico:** se examina el trayecto de origen y desarrollo que el producto ha experimentado desde su introducción al mercado, se analiza su evolución, el período en el que alcanzó su máxima popularidad y su proceso de volverse obsoleto. Se busca proyectar el futuro del producto, con el propósito de comprender su situación actual y cómo debe ajustarse a las transformaciones que ocurren con el paso del tiempo.

D. Proceso y metodología

Según los autores Himmelblau & Bischoff (2021, p. 2) el análisis de procesos, también conocido como ingeniería de procesos o investigación de operaciones, es un campo interdisciplinario en constante evolución que ha dado lugar a una amplia variedad de términos y conceptos. Su objetivo es la aplicación de métodos científicos para identificar y definir problemas, así como para desarrollar soluciones efectivas. Esto implica la formulación matemática precisa de problemas en situaciones concretas, el análisis minucioso para obtener modelos matemáticos y la síntesis y presentación de los resultados para garantizar una comprensión completa. El proceso se refiere a una serie significativa de operaciones o manipulación de materiales, tal como se describe mediante un modelo matemático del proceso real. El análisis de procesos abarca una evaluación integral del

proceso en cuestión, considerando también otros posibles procesos y sus implicaciones económicas. Son importantes los aspectos económicos debido a que, al seleccionar entre diferentes esquemas potenciales, los costos se convierten en un factor crucial que no puede pasarse por alto. Cuando se realiza una selección entre distintas opciones, se debe tener un conocimiento detallado de los costos de cada proyecto y compararlos permitiendo estimar los beneficios de cada alternativa con el propósito de realizar comparaciones.

2.2.3 Prototipo

A. Definición

Se encuentra que los autores Sarraipa & Artífice & Jiménez (2019, p. 6) indican que un prototipo puede asumir la forma de un producto, proceso, servicio o modelo de negocio que se concibe y construye con el propósito de validar su factibilidad de producción y, en consecuencia, su comercialización o transferencia al mercado. Los prototipos funcionan como base para el desarrollo de futuros modelos, los cuales pueden ser mejorados y refinados a partir de la retroalimentación. En los procesos de innovación, la creación de un prototipo es importante para evaluar y reducir los riesgos.

B. Características

Según Hallgrimsson (2014, p. 11 – 13), para crear prototipos de manera óptima se debe enfocar su fabricación de una manera diferente en comparación con la fabricación y producción. Un prototipo no representa el producto final. Se debe analizar algunas de las características clave de los prototipos. Prototipar y manufacturar son dos actividades distintas. Los productos fabricados en masa obtienen ventajas económicas a través de la producción en serie. Invertir en la creación de varios tipos de máquinas y su instalación en una línea de producción representa una inversión considerable. Para que esta inversión sea rentable, los productos deben venderse a gran escala. Los prototipos desempeñan un papel crucial en la reducción de riesgos asociados con este nivel de inversión. Ya que los prototipos se producen en cantidades limitadas, no requieren maquinaria especializada y pueden ser contruidos de manera flexible y diversa. En las etapas iniciales de un proyecto, el enfoque se centra en definir la configuración básica y en comprender cómo se utilizará el producto, más que en la producción en sí. A medida que el diseñador se acerca al proceso de

fabricación es importante la creación de prototipos para todos los componentes antes de la construcción de la maquinaria. Las principales características de los prototipos son:

- El uso de materiales blandos siendo más económicos y eficaces que los materiales industriales.
- La iteración, resulta crucial someter los prototipos a un número suficiente de evaluaciones y pruebas con el fin de anticipar posibles fallos. Cuanto antes se identifiquen estos problemas, más sencilla será la realización de modificaciones en el diseño.
- La fidelidad, aspectos como la configuración general o las dimensiones pueden ser explorados inicialmente utilizando materiales de baja calidad, lo que permite una mayor velocidad en la iteración y la creación de múltiples versiones. Esta es la razón por la cual el proceso de prototipado es iterativo y avanza desde una representación de baja fidelidad hacia una de mayor fidelidad, revisando más al detalle los acabados.

C. Tipología

De esta manera Parodi (2022), presenta ocho sugerencias que pueden guiar al momento de materializar las soluciones en un prototipo.

- Croquis y Diagramas: una de las metodologías más simples para crear prototipos es la elaboración de un esquema o dibujo rudimentario. Estos prototipos resultan valiosos como punto de partida para la conceptualización de un producto nuevo.
- Prototipo de video: estos tipos de prototipos facilitan la presentación de las ideas mediante representaciones animadas o simulaciones que pueden transmitir claramente el concepto. Son especialmente beneficiosos cuando se requiere una visualización del producto y una comprensión de su apariencia.
- Impresión 3D: facilita la elaboración de una representación más veraz de cualquier diseño empleando una computadora y una impresora especializada. Una vez que se ha finalizado el diseño, resulta más sencillo realizar ajustes o identificar posibles fallos a través de pruebas y observación. En caso de detectar alguna falla, es posible llevar a cabo una reconfiguración.

- Prototipo digital: facilita la generación de un modelo digital del producto o proceso mediante el uso de un programa informático, lo que posibilita visualizar cómo los componentes individuales interactuarán entre sí y cómo se presentará el producto al finalizar. Ofrece la oportunidad de explorar de manera virtual todo el producto o proceso antes de llevarlo a cabo.
- Storyboard: consiste en una secuencia de esbozos o representaciones visuales que muestran una solución detallada de las acciones que un usuario lleva a cabo al interactuar con un servicio o producto. Este tipo de prototipo de baja precisión se emplea para ilustrar ideas y procedimientos y para recopilar comentarios en las etapas iniciales del proceso de diseño.
- Juego de Roles: simula la interacción de los usuarios con la solución proyectada, permitiendo comprender cómo se sienten al usar el producto o servicio. Se puede emplear el juego de roles para expresar las experiencias emocionales de los usuarios y obtener una comprensión empática de ellos, reproduciendo la experiencia de usuario para comprender sus emociones y necesidades.
- Modelos físicos: un modelo físico transforma una idea abstracta o un dibujo en un objeto tridimensional. Esto facilita pruebas más efectivas con los usuarios y permite discutir la forma de la solución de manera más detallada. Un modelo físico convierte una idea en algo tangible para pruebas y discusiones sobre su forma.

D. Proceso y Metodología

De acuerdo con Sarraipa & Artífice & Jiménez (2019, p. 8), es importante tener un prototipo para validar los resultados de la investigación, también es importante que en la investigación se tenga una metodología para su evaluación. El concepto de una metodología de evaluación es un conjunto de pasos a seguir para determinar si un prototipo cumple con los criterios necesarios para su uso previsto, de manera que satisfaga las demandas del mercado, o si, requiere ajustes. Esto permite mitigar los riesgos asociados con su introducción en el mercado. En la actualidad, existen diversas metodologías disponibles para evaluar prototipos, como los listados a continuación:

- La etapa de validez conceptual involucra varios pasos. En primer lugar, se realiza un estudio de las variantes que proporciona un primer enfoque para evaluar la

viabilidad técnico-comercial de la idea del proyecto. Luego, se lleva a cabo un análisis del aspecto empresarial, en el cual se definen los métodos para evaluar la empresa. Finalmente, se toma una decisión crucial para determinar si es necesario reformular el proyecto o no. En este punto, se debe tener en cuenta que, si el proyecto no se considera viable, debe ser abandonado o sometido a una reformulación.

- La etapa de validez técnica, se deben llevar a cabo una serie de actividades específicas después de haber confirmado la existencia de un resultado o un objeto de investigación concretos. En primer lugar, está el paso de implementación, que implica poner en práctica la idea del proyecto, lo que requiere desarrollar la solución propuesta en la fase conceptual. Además, se debe evaluar y analizar la tecnología empleada y sus resultados, con el fin de determinar si es necesario realizar ajustes o no. En segundo lugar, se encuentra el paso de exploración, en el cual se examina detenidamente la tecnología y se registran todos los resultados obtenidos. Por último, está el paso de control o monitoreo, en el cual el proyecto regresa a la fase de exploración para ser reformulado si es necesario o avanzar hacia una fase posterior de evaluación.
- Evaluación ex-post, en la que también es posible realizar ajustes en la idea original. Es fundamental destacar que, para afirmar que los resultados del proyecto cuentan con una validez técnica, estos pueden encontrarse aún en la fase de exploración.

2.2.4 Mejora de procesos

A. Definición

De esta manera Martínez & Morales (2022, p. 13) indican que un sistema de mejoramiento es una metodología adoptada por una entidad u organización, que involucra la utilización de una serie de técnicas o procedimientos con el propósito de optimizar aspectos dentro de la entidad. La mejora se define como cualquier cambio que contribuya al desempeño mejorado de la entidad en alguna de sus manifestaciones o procesos.

B. Características

De la manera siguiente Nieto (2014, p. 115 - 119), confirma que diversos investigadores y autores concuerdan al indicar que las particularidades y características más destacadas del proceso de innovación tecnológica son las siguientes.

- La continuidad es intrínseca: la importancia de la innovación tecnológica reside en la acumulación gradual de conocimiento a lo largo del tiempo.
- Es sujeta a condicionantes históricos: las elecciones tecnológicas realizadas en el presente van a influenciar el subsiguiente proceso de aprendizaje, estableciendo la dirección futura del proceso de innovación. En una situación en la que dos tecnologías compiten al mismo tiempo, la naturaleza de las decisiones iniciales adquiere gran relevancia.
- Es parcialmente reversible: La evolución de una tecnología, en el contexto de una trayectoria tecnológica específica, engendra conocimientos frescos a través de una secuencia de procesos de retroalimentación que colaboran para realzar su eficacia. Estos mecanismos refuerzan la posición de esta tecnología líder, a expensas de otras opciones tecnológicas con las que rivaliza. Aumentando las probabilidades de que dicha tecnología sea seleccionada nuevamente en momentos posteriores.
- Se encuentra afectado por la incertidumbre: la cualidad más destacada del proceso de innovación radica en la elevada incertidumbre que envuelve todas las etapas de las actividades innovadoras. Los orígenes de esta incertidumbre son variados y sus repercusiones se evidencian a lo largo de todo el transcurso del proceso de innovación.

C. Tipología

Suzuki (2015, p. 54) indica que es necesario categorizar las áreas de mejora en diferentes tipos (búsqueda de beneficios o apoyo al mantenimiento autónomo). Resulta sencillo presupuestar mejoras orientadas a obtener beneficios, ya que su rentabilidad sobre la inversión se puede calcular con facilidad, los resultados son muy evidentes y el periodo de recuperación de los recursos es claro. Las mejoras destinadas a respaldar el mantenimiento autónomo abordan las fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso,

lo que genera efectos menos llamativos. Su beneficio financiero es reducido en comparación con su costo, y lleva más tiempo recuperar estos fondos, lo que complica su justificación económica. Ambos tipos de mejoras requieren perspectivas presupuestarias distintas. Una estructura de asignación presupuestaria fija asigna fondos de manera adecuada para las mejoras propuesta con el objetivo de obtener beneficios.

D. Proceso y Metodología

Según los autores Suñe & Gil & Arcusa (2014, p 79), la ingeniería de producto se encarga de garantizar la funcionalidad del producto, desarrollar la tecnología necesaria para el funcionamiento del producto y optimizar el diseño detalladamente. Esta área se encuentra dentro de las divisiones de Investigación y Desarrollo. La ingeniería de proceso tiene la responsabilidad de conceptualizar o definir cómo se llevará a cabo la fabricación o implementación del producto diseñado, así también se encargará de seleccionar los tipos de procesos que se utilizarán, también será responsable de las herramientas y tecnologías de producción requeridas en la manufactura del producto. Esta función se ubica en el ámbito de la Industrialización y la Producción. El ciclo de desarrollo de un producto en general ha seguido un enfoque secuencial, este comenzando en la implementación y gestión del producto luego que se encuentre completamente definido, para luego diseñar un proceso de fabricación apropiado y eficientes. Una vez que este proceso está definido y en funcionamiento, se inicia la gestión y manufactura.

2.2.5 Ladrillo de arcilla

A. Definición

Habiendo revisado la información de SENCICO (2020, p. 19) en la norma titulada *Norma E.070 Albañilería* se asigna la denominación de ladrillo a una unidad que, debido a sus dimensiones y peso, es posible ser manipulable con una sola mano. Por otro lado, se define como bloque a una unidad que, debido a su tamaño y peso, requiere ser sostenida con ambas manos para su manejo. Las unidades de albañilería a las que hace referencia esta norma son los ladrillos y bloques fabricados a partir de materiales primarios como arcilla, sílice-cal o concreto. Tanto los ladrillos o bloques pueden presentarse sólidas, huecas, alveolares o tubulares, y pueden ser producidas tanto de forma artesanal como

industrial. En el caso de las unidades de albañilería de concreto, su uso es apropiado una vez que hayan alcanzado su resistencia especificada y mantengan su estabilidad volumétrica.

Es de esta manera que el Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería (2018, p. 9) define en la NTP 399.633:2017 con título *Unidades de Albañilería Terminología y definiciones*, un ladrillo constituye una unidad de albañilería, pudiendo ser macizo o presentar agujeros, es elaborado a partir de arcilla o esquistos arcillosos, generalmente con una forma rectangular prismática, y sometido a cocción en un horno. De esta manera, un ladrillo se considera un artículo cerámico.

B. Características

Según SENCICO (2020, p. 19) en la norma titulada *Norma E.070 Albañilería* con respecto al diseño estructural, las unidades de albañilería deberán poseer las siguientes propiedades.

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características siguientes, según se observa en la Tabla 5.

Tabla 5
Clases de ladrillos.

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia a la compresión en MPa (kg/cm ²)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)

Fuente: SENCICO (2020, p. 19)

Elaboración propia

C. Tipología

Se encuentra diversas clasificaciones de los tipos de ladrillos, estas clasificaciones se dan de acuerdo con su fabricación, a su uso, a sus características, entre otros. Se listan algunas de las clasificaciones más comunes en el país.

Tipos de ladrillo según su uso

Según la información de Promart (2023), existe una amplia gama de variedades de clases o tipos de ladrillos, cada una con atributos singulares que los hacen idóneos para diversas aplicaciones. A continuación, se listan los tipos principales de ladrillos utilizados en la construcción y sus aplicaciones típicas.

- Ladrillo macizo: Estos ladrillos presentan menos del 10% de perforaciones en su área. Se presentan de manera compactos y brindan una resistencia estructural superior comparados con otros tipos de ladrillos. Se emplean extensamente en la edificación de muros y estructuras que demandan una mayor capacidad de carga.
- Ladrillo hueco: Este tipo de unidad de albañilería se conforma de un bloque de arcilla con aberturas o agujeros con el fin de reducir el peso de la unidad. Se pueden identificar dos variantes de ladrillos huecos, el ladrillo hueco convencional, con perforaciones en sentido horizontal, empleado en muros no estructurales como fachadas o cerramientos; y el ladrillo hueco portante, utilizado en elementos que soportan cargas, ofreciendo además una efectiva protección térmica y auditiva.
- Ladrillos refractarios: El ladrillo refractario es un componente ampliamente aplicado en la construcción gracias a su capacidad para resistir temperaturas extremadamente altas. Elaborado a partir de materiales especialmente diseñados para conferirle resistencia a elevados niveles de calor, es particularmente adecuado para instalaciones como estufas, hornos y chimeneas. Este tipo de ladrillo puede soportar temperaturas que exceden los 1200 grados Celsius y se caracteriza por su durabilidad, su capacidad de resistir la corrosión y el desgaste.
- Ladrillo cara vista: es reconocido por su atractivo visual gracias a su superficie sin esmaltar y de textura áspera. Se emplea de manera extensiva en la construcción de edificios tanto comerciales como residenciales que buscan una apariencia moderna y elegante. En muchas ocasiones, es seleccionado para ser utilizado en paredes exteriores debido a su resistencia a las inclemencias climáticas y su capacidad de enfrentar la humedad. Además de sus características prácticas, este ladrillo es favorecido debido al toque estético que añade a cualquier diseño arquitectónico.
- Ladrillo de arcilla tradicional: Este tipo de ladrillo es producido de forma artesanal y sometido a altas temperaturas en hornos artesanales. Presenta una notoria

resistencia al fuego y condiciones climáticas extremas. Además, su textura y color naturales contribuyen a enriquecer la apariencia visual de cualquier construcción que lo utilice. Aunque en el campo de la construcción han emergido numerosos materiales modernos, el ladrillo tradicional de arcilla sigue siendo una elección apreciada en todo el mundo para la edificación de viviendas.

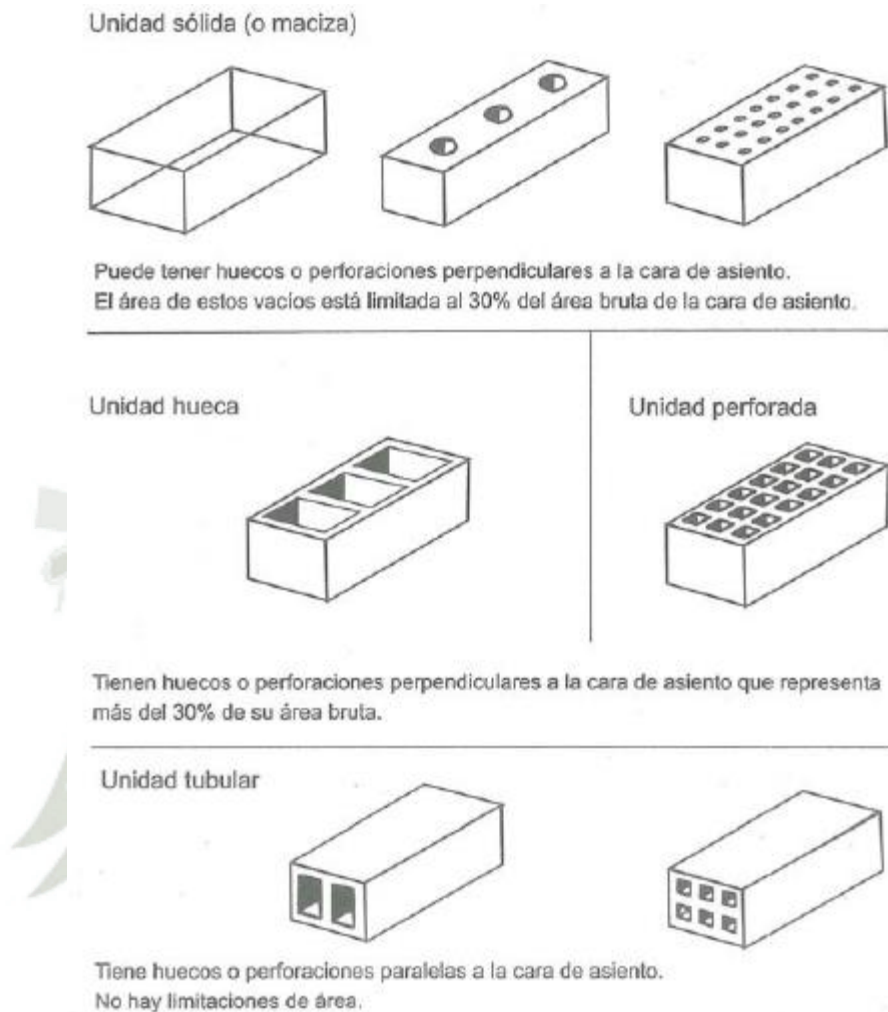
- **Ladrillo Perforado de 18 Huecos:** A contrario del ladrillo de arcilla convencional, este tipo de ladrillo exhibe aberturas que le confieren una mayor ligereza y solidez. Es especialmente adecuado para la edificación de muros portantes y proporciona una resistencia estructural superior. Normalmente la fabricación de este tipo de ladrillos se realiza de manera industrial es decir, mediante procesos, que mejoran la calidad del producto, así como su resistencia.

Tipos de ladrillo según su área neta

Según Gallegos & Casabonne (2015, p. 81 – 87), la clasificación de las unidades de albañilería se establece de manera prácticamente universal en función del área neta, expresada en relación con la superficie bruta de la cara de asentamiento, y las características de los alvéolos presentes en la unidad. Esta categorización no se relaciona con las dimensiones de las unidades ni con los materiales utilizados en su elaboración. En otras palabras, un mismo tipo de unidad podría ser tanto un ladrillo como un bloque. Las categorías principales de unidades de albañilería incluyen unidades sólidas, unidades huecas, unidades perforadas y unidades tubulares.

Figura 4

Tipos de unidades de albañilería.



Fuente: Gallegos & Casabonne (2015, p. 81 – 87)

Disponibilidad de ladrillos

Habiendo revisado la web de una de las principales ladrilleras en nuestra ciudad se encuentra la web de catálogo de productos de Ladrillos Diamante (2023), la cual categoriza sus productos, siendo los más relevantes

a) Ladrillos para muros

Dentro de la oferta de ladrillos para muro en nuestra ciudad, se encuentran principalmente los ladrillos denominados King Kong, los cuales son unidades de arcilla, con

perforaciones perpendiculares a su área de asentado, normalmente cuenta con 18 agujeros o perforaciones, las cuales varían de forma y de distribución según el fabricante.

King Kong Hércules 9

Figura 5

Ficha técnica de ladrillo King Kong Hércules 9



Características Físicas

Denominación:
King Kong Hércules 9

Medidas:
9x14x24 cm

Peso:
2.65 - 2.90 Kg

Rendimiento:
37.35 Und/m²

Parámetros

Según norma E070
Norma técnica de albañilería
E-070 Tipo IV
Alabeo Máximo
4 mm
Resistencia a compresión
Mínimo
130 (Kg/cm²)
Variación de la dimensión
8.65 - 9.35 cm de alto
13.6 - 14.4 cm de ancho
23.55 - 24.45 cm de largo
Absorción máxima 22%

**KING KONG
HÉRCULES 9**

Bondades:

- Los más resistentes del mercado
- Medidas uniformes
- Ecológicos
- Aislamiento termo-acústico
- Controles de Calidad
- Resistentes al fuego

Fuente: Ladrillos Diamante (2023)

King Kong Hércules 10

Figura 6

Ficha técnica de ladrillo King Kong Hércules 10



Características Físicas

Denominación:
King Kong Hércules 10

Medidas:
10x14x24 cm

Peso:
2.95 - 3.20 Kg

Rendimiento
34.10 Und/m²

Parámetros

Según norma E070
Norma técnica de albañilería
E-070 Tipo IV
Alabeo Máximo
4 mm

Resistencia a compresión
Mínimo
130 (Kg/cm²)

Variación de la dimensión
9.6 - 10.4 cm de alto
13.6 - 14.4 cm de ancho
23.55 - 24.45 cm de largo

Absorción máxima 22%

King Kong Hércules 10

Bondades:

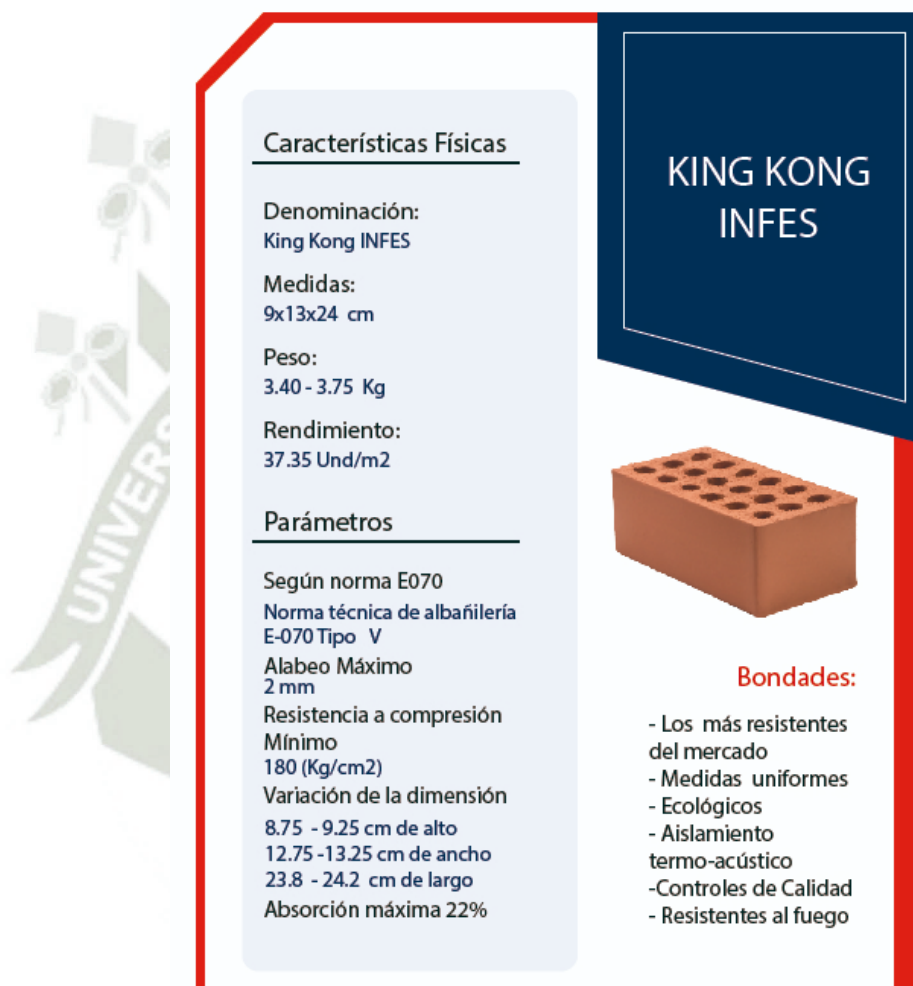
- Los más resistentes del mercado
- Medidas uniformes
- Ecológicos
- Aislamiento termo-acústico
- Controles de Calidad
- Resistentes al fuego

Fuente: Ladrillos Diamante (2023)

King Kong INFES

Figura 7

Ficha técnica de ladrillo King Kong INFES



Características Físicas

Denominación:
King Kong INFES

Medidas:
9x13x24 cm


Peso:
3.40 - 3.75 Kg

Rendimiento:
37.35 Und/m²

Parámetros

Según norma E070
Norma técnica de albañilería
E-070 Tipo V
Alabeo Máximo
2 mm
Resistencia a compresión
Mínimo
180 (Kg/cm²)
Variación de la dimensión
8.75 - 9.25 cm de alto
12.75 - 13.25 cm de ancho
23.8 - 24.2 cm de largo
Absorción máxima 22%

KING KONG INFES



Bondades:

- Los más resistentes del mercado
- Medidas uniformes
- Ecológicos
- Aislamiento termo-acústico
- Controles de Calidad
- Resistentes al fuego

Fuente: Ladrillos Diamante (2023)

b) Ladrillos para tabiquería

El ladrillo más usado en los muros o paredes de tabiquería es el ladrillo pandereta, este ladrillo tiene perforaciones paralelas a su área de asentado. Es considerablemente más liviano y económico que el ladrillo King Kong, es importante resaltar que estos ladrillos no soportan cargas como lo hacen los ladrillos King Kong, los ladrillos pandereta únicamente deben ser usados para tabiquería.

Ladrillo pandereta

Figura 8

Ficha técnica de ladrillo pandereta.



Fuente: Ladrillos Diamante (2023)

D. Proceso

Es así como el Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería (2018, p. 2), en la NTP 399.613:2017 titulada *Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*, indica que el procedimiento correspondiente a las características en el muestreo y pruebas de ladrillos de arcilla cocida utilizados en albañilería, con el objetivo de implementar el control de calidad en los ladrillos, se detalla de la siguiente manera. Elección de las muestras de prueba, con el fin de llevar a cabo los ensayos, el comprador o su representante autorizado escogerá unidades intactas que sean representativas del conjunto al que pertenecen. Deberá considerarse ejemplares que abarquen la gama completa de colores, texturas y tamaños, estando libres de impurezas, sedimentos u otros materiales no relacionados con el proceso de fabricación.

E. Metodología

A su vez el Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería (2018, p. 4), en la NTP 399.613:2017 titulada *Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla* usados en albañilería explica que los ensayos aplicados a los ladrillos de arcilla siguen este procedimiento. Se lleva a cabo la prueba del módulo de rotura mediante el ensayo de flexión, se evalúa la resistencia a la compresión, se determina la capacidad de absorción de agua, se someten a ciclos de congelamiento y descongelamiento, se mide la rapidez inicial de absorción (succión), se verifica la presencia de eflorescencia, se realiza la medición del tamaño, se analiza el grado de alabeo, se calcula el cambio de longitud, se cuantifica el área de vacíos en unidades perforadas. Estos ensayos se realizan como control de calidad, así también cada uno de los ensayos se encuentra descrito y desarrollado ampliamente en cada norma correspondiente al tipo de ensayo.

2.2.6 Albañilería

A. Definición

La albañilería de arcilla es un material compuesto, principalmente por mortero y unidades de ladrillo de arcilla. A su vez el mortero está compuesto por una mezcla de cemento, arena y agua, el mortero tiene la función de adherir vertical y horizontalmente los ladrillos.

Figura 9

Albañilería de arcilla



B. Características

La albañilería es un material compuesto por unidades que se unen o adhieren formando una estructura. Esta característica, respaldada por pruebas experimentales y conocimiento empírico, sugiere que la albañilería es un material heterogéneo y anisotrópico. Su resistencia a la compresión es naturalmente alta y está principalmente determinada por la resistencia de las unidades individuales, mientras que su resistencia a la tracción es baja y está influenciada por la adhesión entre la unidad y el mortero.

C. Tipología

Según los autores San Bartolomé & Quiun & Silva (2018, p. 20 - 36), la albañilería se clasifica de dos maneras.

Por función estructural

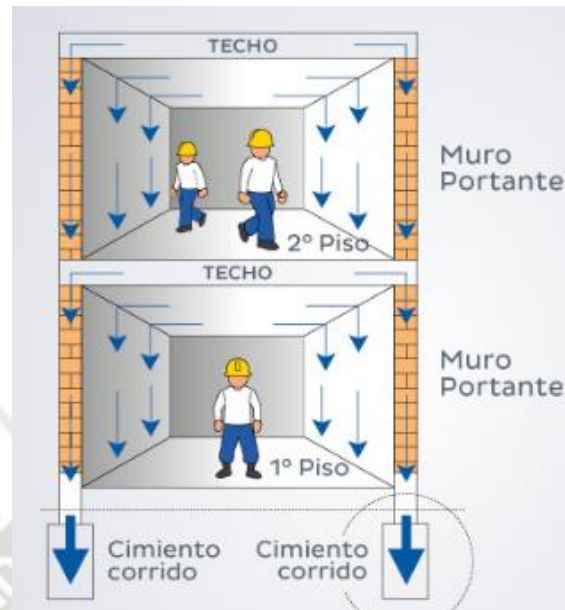
Por la función que desempeñan los muros se clasifican en muros portantes y muros no portantes.

a) Muros portantes

Son los muros que cumplen la función de ser elementos estructurales en una edificación, tienen el objetivo de dar más resistencia una vivienda, ya que le proporcionan fortaleza y solidez. El papel de un muro portante es el de soportar y transferir la carga de cada piso de la vivienda hacia la cimentación como se observa en la Figura 10.

Figura 10

Proceso de transferencia de cargas en muros portantes.



Dada la relevancia que tienen, es fundamental utilizar materiales apropiados y de alta calidad en su construcción. Asimismo, la construcción de los muros portantes debe ser llevada a cabo por personal capacitado, quienes estén familiarizados con la interpretación y ejecución de los planos estructurales.

b) Muros no portantes

Los muros no portantes son aquellos que no soportan ninguna carga vertical, estos muros no son diseñados para soportar cargas sísmicas, y son principalmente cercos, parapetos, mampostería o tabiques, siendo estos últimos los más usados, como elementos de división entre ambientes de las edificaciones. En el país los tabiques están conformados principalmente de albañilería, normalmente, se emplea mortero de menor calidad y ladrillos tubulares, comúnmente llamados ladrillos pandereta.

Figura 11

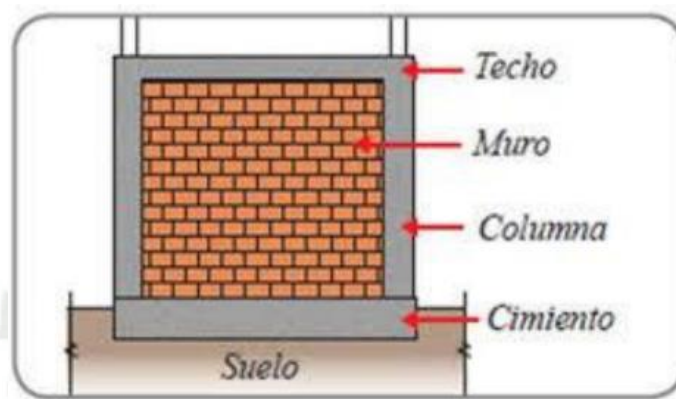
Muro no portante, elaborado con ladrillo pandereta.

**Por distribución de refuerzo****a) Muros reforzados**

Son muros de albañilería, que incluyen algún refuerzo interior o exterior. Los más comunes son los muros de albañilería armada, los cuales llevan refuerzos interiores de acero y de concreto tipo grout. Otro tipo ampliamente utilizado son los muros confinados, normalmente utilizados en edificaciones de varios pisos, esta se define como albañilería enteramente bordeada o confinada por elementos de concreto armado, el cual es vaciado posteriormente de haber asentado el muro de albañilería, de esta manera el muro confinado es capaz de soportar fuerzas y transmitir cargas verticales, este procedimiento permite a los muros confinados tener una mejor adherencia con la estructura de la edificación.

Figura 12

Diagrama de un muro de albañilería confinada.



b) Muros no reforzados

Son más conocidos como muros de albañilería simple, su principal característica es que no poseen refuerzos, de acuerdo con la Norma E.070 Albañilería elaborada por SENCICO. (2020), estos muros no deben usarse por ser frágiles ante eventos sísmicos.

Figura 13

Muro de albañilería simple.



2.2.7 Resistencia estructural

A. Definición

Es así que Diez (2015, p. 83) nos indica que todos los materiales estructurales deben tener en cuenta su capacidad para resistir la deformación, así también se debe tener en cuenta

que existen materiales que no se puedan deformar. La resistencia a la deformación depende principalmente de factores como la cohesión molecular y la estructura interna del material. Cuando las cargas o fuerzas externas actúan sobre una estructura, los elementos que la componen experimentan diferentes tipos de tensiones.

B. Características

De esta manera Gallegos & Casabonne (2015, p. 109) Las propiedades más importantes e influyentes de las unidades de albañilería deben considerarse en relación con el resultado final del producto, que es la propia albañilería. Dentro de este contexto, las principales propiedades que influyen en la resistencia estructural son:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la tracción por flexión
- Variabilidad dimensional.
- Alabeos, medidos con concavidades o convexidades en las superficies del asiento.
- Succión o velocidad inicial de absorción en la cara del asiento.
- Textura de la cara del asiento.

Asimismo, las principales propiedades relacionadas con la durabilidad son:

- Resistencia a la compresión
- Absorción
- Absorción máxima
- Coeficiente de saturación

C. Tipología

De acuerdo con los autores Soto & Sánchez (2017, p. 54), la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, puntualmente los ladrillos de arcilla calcinada o cocida, comúnmente conocidas como ladrillos, se define o conceptualiza como la carga de rotura dividida entre el área de contacto de las unidades de albañilería.

Es acorde con lo indicado por Gallegos & Casabonne (2015, p. 111), que la resistencia a la compresión es, es particularmente, la característica principal de las unidades de albañilería. Valores elevados de resistencia a la compresión en las unidades indican una alta calidad en términos de propósitos estructurales y de exposición. Los valores bajos indican unidades que generarán estructuras de albañilería con poca resistencia y durabilidad. Lamentablemente, medir esta propiedad de manera precisa resulta complicado. Por un lado, la amplia gama de formas y tamaños de las unidades, especialmente en cuanto a su altura, dificulta la correlación entre los resultados de las pruebas de compresión y la verdadera resistencia de la masa que compone la unidad.

D. Proceso y Metodología

El Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería (2018, p. 5 – 7) en la NTP 399.613:2017 titulada *Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*, indica que los especímenes de ladrillo deben someterse a ensayos con carga aplicada en su dimensión más extensa, es decir, perpendicularmente a la cara de asentado del ladrillo. Estos ensayos se llevarán a cabo utilizando una máquina de compresión en un laboratorio especializado. La carga se aplicará hasta que el ladrillo falle, es decir colapse o se rompa, luego de esto se calculará y registrará la resistencia a la compresión de cada espécimen utilizando la ecuación proporcionada a continuación. Los resultados deben ser informados con una aproximación de 69 kPa.

$$C = \frac{W}{A}$$

Donde:

C = Resistencia a la compresión, (kg/cm²) o (mPa)

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, (kgf) o (N)

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, (cm²).

2.2.8 Metodología Design Thinking

A. Definición

Según Serrano & Blázquez (2015, p. 17 – 18), el concepto de Design Thinking, traducido como Pensamiento de Diseño, implica pensar de manera similar a un diseñador. Este enfoque permite a los diseñadores cambiar la forma en que se crean productos, servicios, procesos y estrategias empresariales. El Design Thinking representa un enfoque para resolver problemas con el propósito de disminuir riesgos y mejorar las posibilidades de alcanzar el éxito. Inicia al poner énfasis en las necesidades humanas como punto de partida, para luego observar, crear prototipos y someterlos a prueba. Este método logra combinar conocimientos de diversas disciplinas, tales como psicología, sociología, marketing e ingeniería, con el objetivo de llegar a una solución que sea deseable desde el punto de vista humano, factible técnicamente y rentable económicamente. El Design Thinking está siendo cada vez más adoptado por empresas en Europa, Asia y Estados Unidos. Este enfoque se fundamenta en el método utilizado por los diseñadores para abordar la reflexión y resolución de problemas.

B. Características

Según Wikipedia (2023), el pensamiento de diseño abarca una serie de procesos que engloban desde el análisis del entorno, la identificación y delimitación de problemas, hasta la generación de ideas y soluciones. También involucra el pensamiento creativo, la elaboración de esquemas y dibujos, la creación de prototipos, así como pruebas y evaluaciones. Las principales características de este enfoque incluyen la capacidad para:

- Resolver problemas que están poco definidos o son complejos.
- Adoptar estrategias centradas en la búsqueda de soluciones.
- Aplicar razonamiento abductivo o productivo.
- Utilizar métodos no verbales como el modelado espacial o gráfico.

C. Fases del Design Thinking

Según Asana (2022), la metodología del Design Thinking se enfoca con precisión en la innovación, ya sea para desarrollar nuevos productos o servicios, o para mejorar la experiencia del usuario en diversas etapas. No solo resulta eficaz para descubrir nuevos conocimientos y soluciones, sino que también se revela como un sistema efectivo para abordar los desafíos que han surgido en las empresas en los últimos años.

El Design Thinking puede ser de gran ayuda en los procesos de manejo del cambio al abordar los tres elementos esenciales presentes en cualquier proceso de transformación: discrepancia, pertinencia y efectividad. A través de las herramientas del Design Thinking, las empresas pueden dar sentido a sus estrategias y ajustes.

Uno de los enfoques más reconocidos en el Design Thinking es el que ha sido presentado por el Instituto de Diseño Hasso-Plattner, de la Universidad de Stanford. Su popularidad radica principalmente en el éxito demostrado por este método en empresas destacadas como Google, Apple, Toyota y Nike. Estos son los cinco pasos establecidos que han sido fundamentales para el éxito de muchas compañías.

Empatizar

La fase inicial del proceso implica observar el problema que se pretende resolver desde una perspectiva empática. Para comprender con precisión cómo el problema afecta a las personas, es fundamental buscar activamente a aquellos que han experimentado dicho problema previamente, entender cómo les gustaría que se resolviera el problema representa un excelente punto de partida, ya que el enfoque del pensamiento de diseño se centra en el ser humano. La empatía desempeña un papel sumamente importante en el proceso de Design Thinking, por lo tanto, esta metodología demanda que los diseñadores descarten cualquier suposición o prejuicio inconsciente que puedan tener sobre la situación, y se coloquen en la perspectiva de otra persona.

Definir

Se debe establecer con precisión y describir de manera clara la problemática del usuario, esto para enmarcar el problema de una manera que proporcione un contexto relevante y comprensible. Su principal objetivo es orientar a los diseñadores que buscan

posibles soluciones para resolver este problema. La declaración del problema configura la situación problemática de modo que resalte la diferencia entre la situación actual y el resultado deseado.

Idear

En esta etapa, los diseñadores generan posibles soluciones para abordar el problema establecido en la declaración previa. Se emplean técnicas de lluvia de ideas o brainstorming junto con el equipo para identificar la solución orientada al ser humano para el problema delineado en el paso anterior. Durante la fase de generación de ideas, el uso de mapas mentales también resulta valioso.

Prototipar

En esta etapa se debe diseñar diversas variaciones simplificadas de la solución potencial al problema. Contar con distintas versiones del prototipo permite al probar la solución y realizar mejoras en función de los resultados obtenidos.

Evaluar

Se debe probar distintos prototipos para luego poder idear diversas mejoras para el diseño final. La fase de pruebas y creación de prototipos constituye un proceso iterativo, de tal manera que algunos proyectos de diseño podrían no tener un final definido. Una vez que los diseñadores dedican tiempo a probar, iterar y rediseñar nuevos productos, es probable que descubran nuevos problemas, diferentes soluciones y obtengan una comprensión más completa del usuario final. El marco del pensamiento de diseño es flexible y no lineal, por lo que es completamente natural que el proceso en sí mismo influya en el diseño final.

2.3 Marco Metodológico

2.3.1 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es de tipo descriptiva. Según los autores Hernández & Fernández & Baptista & (2014, p. 92), los estudios descriptivos tienen como objetivo especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, procesos, objetos o fenómenos de los que se realiza un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, su objetivo no es indicar cómo se relacionan las variables.

2.3.2 Diseño de Investigación

El diseño de investigación para el presente estudio es no experimental de tipo transversal ya no se manipularon las variables deliberadamente, y la información fue recopilada en un momento único.

2.3.3 Población y Muestra

Para asegurar la efectividad y la iteración constante requerida por la metodología Design Thinking, se han desarrollado al menos tres prototipos de ladrillos de arcilla. Esta metodología se basa en un ciclo iterativo de pruebas y mejoras continuas, lo que implica la necesidad de múltiples variantes para evaluar enfoques y soluciones. Desarrollar al menos tres prototipos permite explorar una gama más amplia de composiciones y técnicas de fabricación, lo que facilita la identificación de las características que optimizan la resistencia estructural del ladrillo. Además, este enfoque iterativo es fundamental para captar retroalimentación y ajustar los diseños en respuesta a las observaciones y pruebas realizadas.

2.3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las principales técnicas e instrumentos para la recolección de datos para la presente investigación son los siguientes:

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Análisis documental.	Fichas bibliográficas para el análisis de contenido.
Simulaciones mediante el método de elementos finitos.	Software especializado.
Ensayos de control de calidad en ladrillos.	Ensayos físicos normalizados en un laboratorio de control de calidad en materiales de construcción.
Entrevistas.	Encuestas a usuarios finales con preguntas estructuradas.

2.4 Conclusiones parciales del capítulo II

Resumiendo lo expuesto en el presente capítulo, se concluye que los antecedentes revisados resaltan la relevancia de la modificación de la geometría de los ladrillos, tanto para mejorar su resistencia como para incorporar propiedades adicionales como aislamiento acústico y térmico. Diferentes investigaciones han demostrado que cambios en la distribución y forma de los alveolos pueden influir en las características del ladrillo, lo que proporciona una base sólida para el desarrollo del prototipo en este estudio.

Se revisaron conceptos relevantes para la investigación, se revisó detalladamente el concepto de diseño desde varias perspectivas, incluyendo características, procesos y herramientas de análisis de productos. La importancia de enfoques como el análisis modal de fallos, el despliegue de la función calidad y la función de pérdida de Taguchi resaltan cómo las metodologías rigurosas pueden guiar la optimización de productos en todas sus fases de desarrollo.

La metodología Design Thinking, utilizada como eje central en este estudio, es ampliamente reconocida como una herramienta eficaz para abordar problemas complejos y generar soluciones innovadoras. Sus fases permiten una constante iteración y refinamiento del diseño, lo que la convierte en el enfoque ideal para el desarrollo del prototipo de ladrillo.

El ladrillo de arcilla es el material más utilizado en la construcción. Su resistencia a la compresión es una propiedad clave para evaluar su desempeño estructural. De la misma

manera se da la combinación de mortero y ladrillos para formar la albañilería y resistencia estructural de esta, está dada por la resistencia estructural de los ladrillos



CAPITULO III DIAGNOSTICO SITUACIONAL

3 Empresas ladrilleras

3.1 Reseña histórica

Según Gallegos, H. Casabonne, C. (2005, p.47), sugiere que hace aproximadamente 15000 años, es posible que un ancestro nómada haya sido el precursor de la albañilería. Se podría visualizar la situación donde no pudo hallar un refugio natural como resguardo de la intemperie y de los animales salvajes, esta persona optó por amontonar piedras para crear un espacio donde protegerse. Dado que la transmisión de conocimientos o conceptos en aquel entonces era sumamente lenta o, en algunos casos, inexistente, es muy probable que esta invención tuviera que repetirse múltiples veces en distintos contextos.

El siguiente avance en la evolución de la albañilería probablemente implicó el uso de mortero de barro. Este material no solo facilitaba el apilado, sino también el ajuste y el asentamiento más eficiente, y ciertamente a alturas mayores, de las piedras irregulares naturales. Los muros construidos de esta manera proporcionaban protección contra el viento y la lluvia, además de ser más robustos y estables. En el país se aprecian los inicios de la albañilería, con la cultura Yarowilca, como se detalla en la Figura 14. Posteriormente la cultura Inca, se observan los inicios de la albañilería, en la ciudad de Ollantaytambo, principalmente las edificaciones construidas en las laderas, con muros de rocas asentadas con mortero de barro y techos cubiertos con paja como se aprecia en la Figura 15.

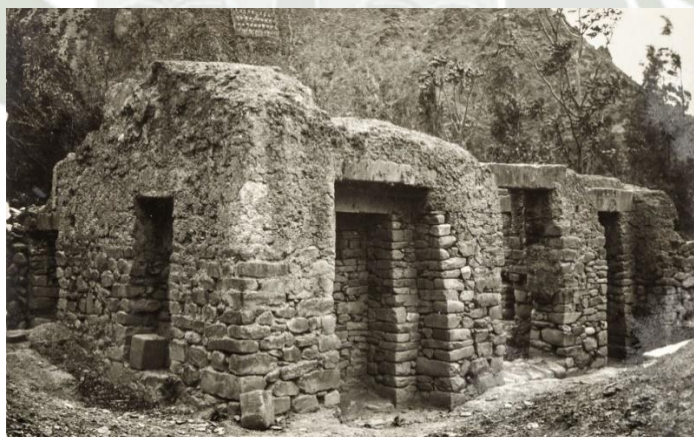
Figura 14

Ruinas de torreón, cultura Yarowilca.



Figura 15

Parte de las ruinas de Ollantaytambo.



3.2 Organización

En el país las empresas ladrilleras son parte integral de la industria de la construcción ya que se encargan de la fabricación de uno de los materiales más usados para albañilería. Estas fábricas se dedican a la manufactura y comercialización de ladrillos. La producción de ladrillos en el país se lleva a cabo utilizando diversos métodos y materias primas, como arcilla, tierra cocida o cemento, dependiendo de la región y las preferencias

de fabricación. Las empresas ladrilleras suelen estar ubicadas en áreas donde se encuentran fuentes de materias primas adecuadas y acceso a infraestructura para el transporte. El sector de las empresas ladrilleras en Perú, al igual que en otros países, está sujeto a regulaciones gubernamentales relacionadas con la calidad de los productos, normativas ambientales y estándares de seguridad laboral.

Según la noticia de Gestión (2020), en el año 2017 la Asociación Ladrillera de Cerámicos del Perú o ALACEP inició sus actividades, esta asociación está conformada por las fábricas más grandes del país como lo son Ladrillos Lark, Ladrillera El Diamante, Ladrillos Fortes, Pirámide y Ladrillos Maxx. Los principales objetivos de la asociación son los siguientes, la difusión de las bondades del ladrillo cerámico y fomentar el cuidado del medio ambiente en el sector ladrillero.

3.3 Principales procesos y operaciones

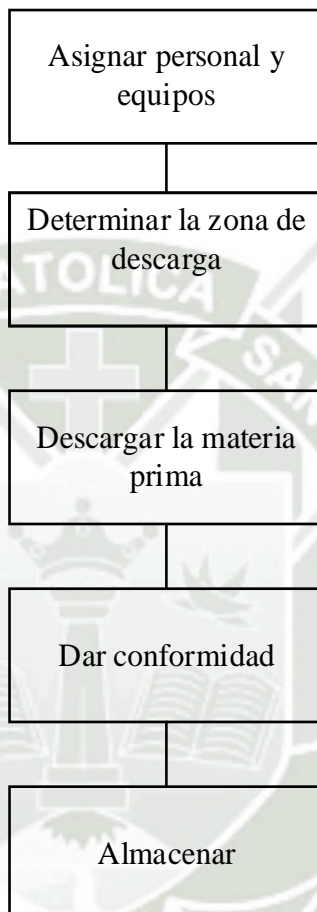
Revisando la información encontrada de las principales ladrilleras tanto se listan los principales procesos y operaciones encontrados en las fábricas de ladrillo mecanizado como la siguiente.

3.3.1 Recepción de materia prima

A. Diagrama de bloques

Figura 16

Diagrama de bloques del proceso de recepción de materias primas.



B. Descripción del proceso

a) Asignar personal y equipos

Esta operación se da cuando el responsable del almacén de materias primas programa a los operadores y los equipos a utilizar durante la recepción del material. Es importante que los operadores usen los equipos de protección personal adecuados, así como se rijan por las políticas del área de Salud y Seguridad Ocupacional.

b) Determinar la zona de descarga

Se tiene hasta tres diferentes zonas de descarga, estas se dividen por el tipo de arcilla que se va a almacenar, las arcillas pueden ser de diferentes canteras, así como de diferentes tipos, por ejemplo, arcilla filita, arcilla negra y arcilla roja, estos nombres normalmente representan características o componentes de cada arcilla, así como la de su cantera.

c) Descargar la materia prima

En esta operación se efectúa cuando se descarga el material en la ubicación antes establecida por el encargado del almacén de materias primas. La descarga se realiza en un espacio cercano al área de producción y al aire libre.

Figura 17

Zona de descarga de materias primas.

**d) Dar conformidad**

Posteriormente el operador que realizó la descarga, así como el responsable de la operación, da conformidad a la recepción y entrega del material, se verifica que la cantidad recibida de arcilla sea cantidad correcta, esta verificación es por volumen, y es metros cúbicos.

e) Almacenar

La materia prima se procede a almacenar en su lugar de descarga, el tiempo mínimo de almacenamiento es de cinco meses, esta operación es necesaria para que la materia prima, principalmente arcilla, pueda gradualmente liberar tensiones, las tensiones en la arcilla se forman debido a cambios en la humedad, la temperatura o a las presiones ejercidas durante el transporte o almacenamiento previo. Se resalta la importancia para la producción de ladrillos, ya que la arcilla liberada de tensiones será más estable y predecible durante el proceso de manufactura, lo que contribuirá en obtener un producto de mejor calidad y uniformidad.

Figura 18

Zona de almacenado de materias primas.

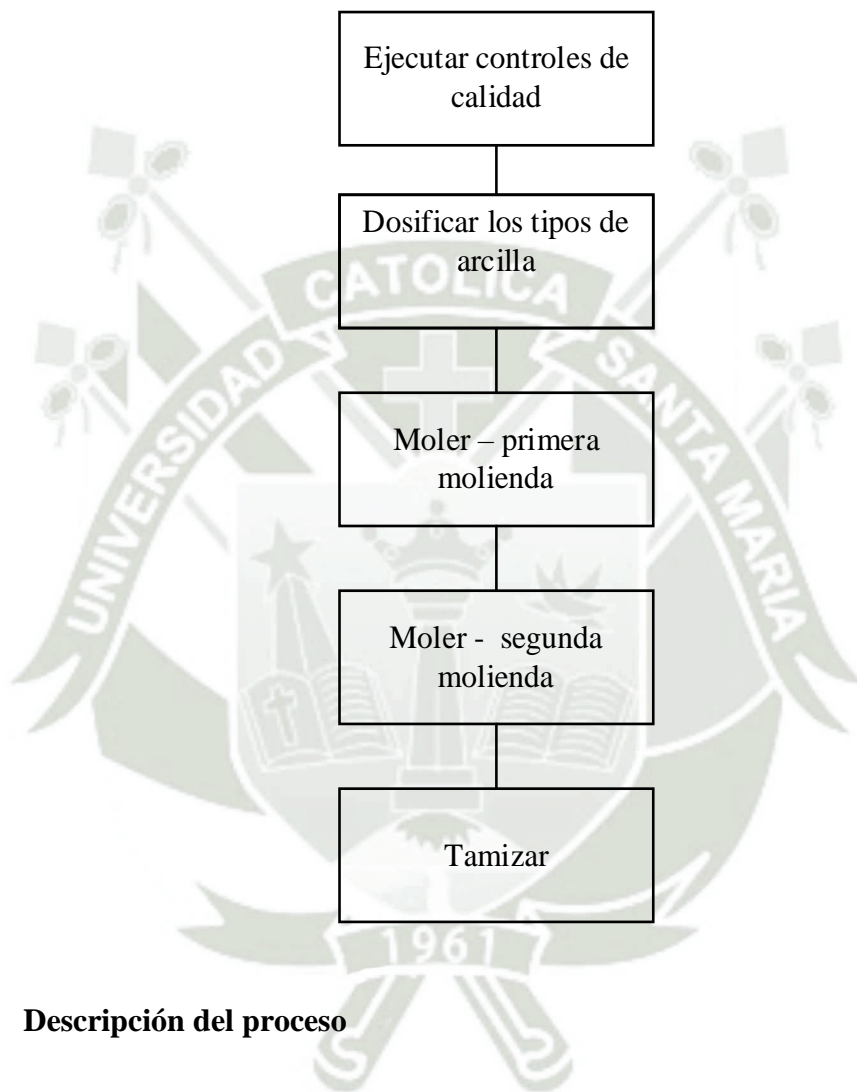


3.3.2 Molienda

A. Diagrama de bloques

Figura 19

Diagrama de bloques del proceso de molienda.



B. Descripción del proceso

a) Ejecutar controles de calidad

Antes de iniciar el proceso de molienda se realizan ensayos de control de calidad en las arcillas, estos ensayos se realizan en los laboratorios de la empresa y se busca obtener información sobre el porcentaje de alúmina, óxido de hierro y sílice. Es importante conocer los componentes químicos para realizar una dosificación correcta, según el tipo de ladrillo que se requiere.

Figura 20

Ensayos de control de calidad de materias primas.

**b) Dosificar los tipos arcillas**

Las arcillas se trasladan desde la zona de almacén e ingresan a las tolvas de alimentación, en el cual se dosifica la proporción según el tipo de arcilla para la mezcla. La dosificación más usada es 60% arcilla y 40% arcilla negra, luego de esto la materia prima ingresa al primer molino, mediante una faja transportadora, se resalta que, durante el traslado de la materia prima en las fajas transportadoras, se colocan imanes que atraen las partículas metálicas que puedan afectar las siguientes operaciones.

Figura 21

Ingreso de los diferentes tipos de arcilla a la tolva de alimentación.



Figura 22

Traslado de materias primas por la faja de transportadora.



c) Moler - Primera molienda

En el primer molino, la arcilla es reducida a un tamaño de grano menor, es en esta operación donde la reducción es más agresiva, ingresan bloques de arcilla de hasta 25 cm, esta operación reduce los bloques hasta 5cm.

d) Moler - Segunda molienda

Luego de la primera molienda, el material ingresa a un segundo molino, donde se continúa reduciendo la granulometría del material, el objetivo es que la arcilla se reduzca lo más parecido a la granulometría del polvo.

Figura 23

Operación de molienda de la materia prima.

**e) Tamizar**

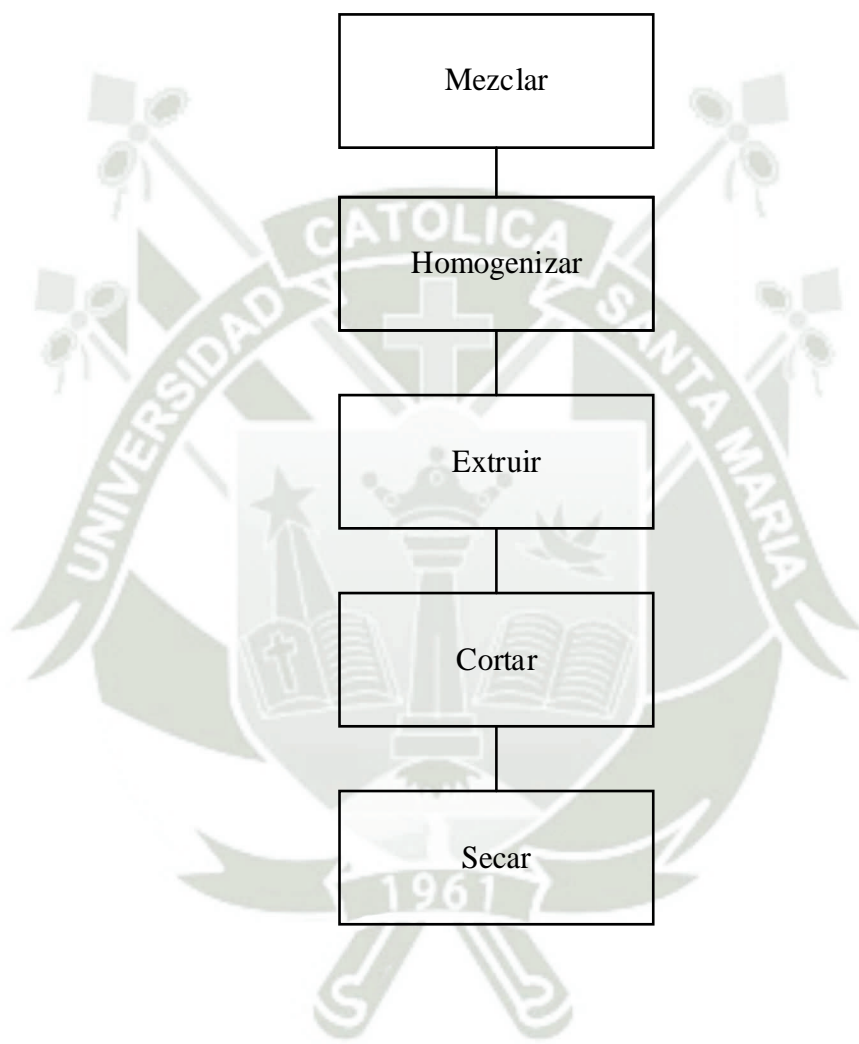
Posteriormente el material pasa por zarandas donde es tamizado, el material más fino, continua con el proceso de producción, el material más grueso, se reprocessa y repite la operación desde el primer molino. Esta operación tiene como objetivo homogenizar el material que continua con el proceso de producción seleccionando solo el material con la granulometría adecuada y aprovechar al máximo toda la materia prima.

3.3.3 Moldeado del ladrillo

A. Diagrama de bloques

Figura 24

Diagrama de bloques del proceso de moldeado.



B. Descripción del proceso**a) Mezclar**

Luego de ser zarandeado, el material se traslada mediante una faja transportadora a un sistema de mezclado y amasado por palas giratorias, es necesario que la mezcla sea lo más homogénea posible, durante esta operación, se añade agua, buscando un 18% de humedad, y una mayor plasticidad, a la salida de la mezcladora se cuenta con un sistema tipo panal que le da una forma de pequeños cilindros a la arcilla, esto para que el material ya humectado, tenga mayor estabilidad para continuar con el proceso de fabricación.

Figura 25

Operación de mezclado y añadido de agua.

**Figura 26**

Salida del material mezclado, mediante una faja transportadora.



b) Homogenizar

Posteriormente al mezclado y amasado, la mezcla pasa por un sistema de fajas transportadoras a un segundo sistema de palas giratorias donde se vuelve añadir agua en menor porcentaje para mantener el 18% de humedad. Esta operación continua con la homogenización del material, así también contribuye con la mezcla correcta de todos los materiales, y la eliminación de partículas atrapadas de aire.

Figura 27

Operación de homogenizado por un sistema de placas giratorias.

**c) Extruir**

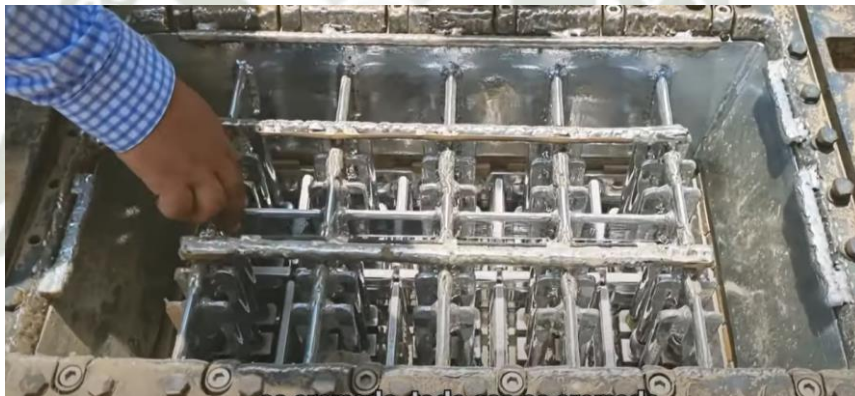
En esta operación, la masa homogénea de arcilla y agua, se comprime y compacta en un ambiente de vacío, esta operación es fundamental para la eliminación de partículas de aire atrapada en la mezcla. Luego de ser comprimida la mezcla es inyectada a través de una sección con un molde en la salida, este molde es el que determina el tipo de ladrillo, así como sus características geométricas. El molde es fabricado según las características propias de cada ladrillo y ladrillera, este es un molde metálico cromado, altamente resistente, de no ser así el desgaste en el molde, afectaría directamente el dimensionamiento del ladrillo.

Figura 28

Extrusión de la mezcla por el molde de ladrillos.

**Figura 29**

Molde metálico para ladrillos.



d) Cortar

La masa cruda luego de ser extruida por el molde, mediante una faja transportadora, es cortada mediante una operación controlada por un computador industrial, el corte es preciso, ya que se requiere la mínima variación de dimensiones. La cortadora es una maquina neumática de vaivén, comúnmente el corte es realizado por alambres metálicos cromados, en esta operación se produce un fenómeno inevitable conocido como deflexión o pandeo del ladrillo, esta deformación es producida por las mismas características plásticas de la mezcla de la arcilla.

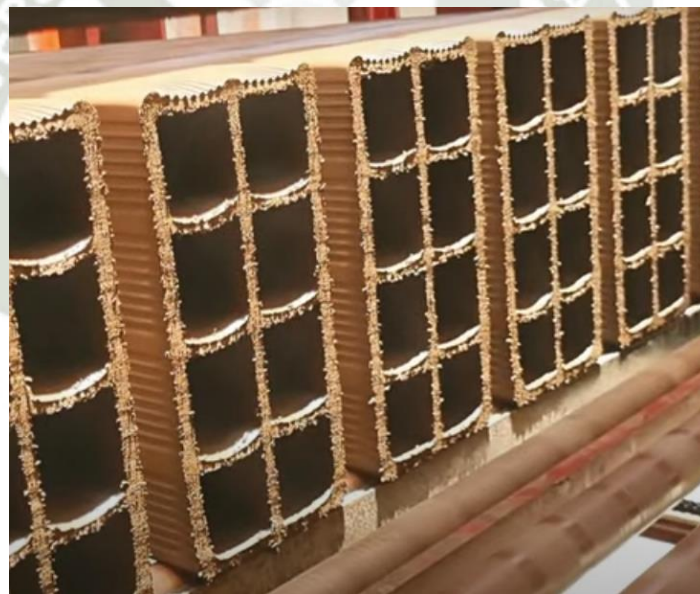
Figura 30

Cortado de ladrillos.



Figura 31

Deformación de los ladrillos crudos, después de cortados.



e) Secar

Inmediatamente después del cortado se traslada el ladrillo hacia el área de secado, este proceso depende de la tecnología disponible de la ladrillera, el secado en la Empresa se realiza de manera industrial, los ladrillos ingresan en una cámara donde la temperatura se encuentra a 110°C promedio, y el tiempo de secado es de tres horas aproximadamente. En un proceso artesanal o no industrial, el tiempo de secado se puede extender hasta los 20 días. Los ladrillos son retirados del área de secado con una humedad menor al 2%.

Figura 32

Secado de ladrillos.

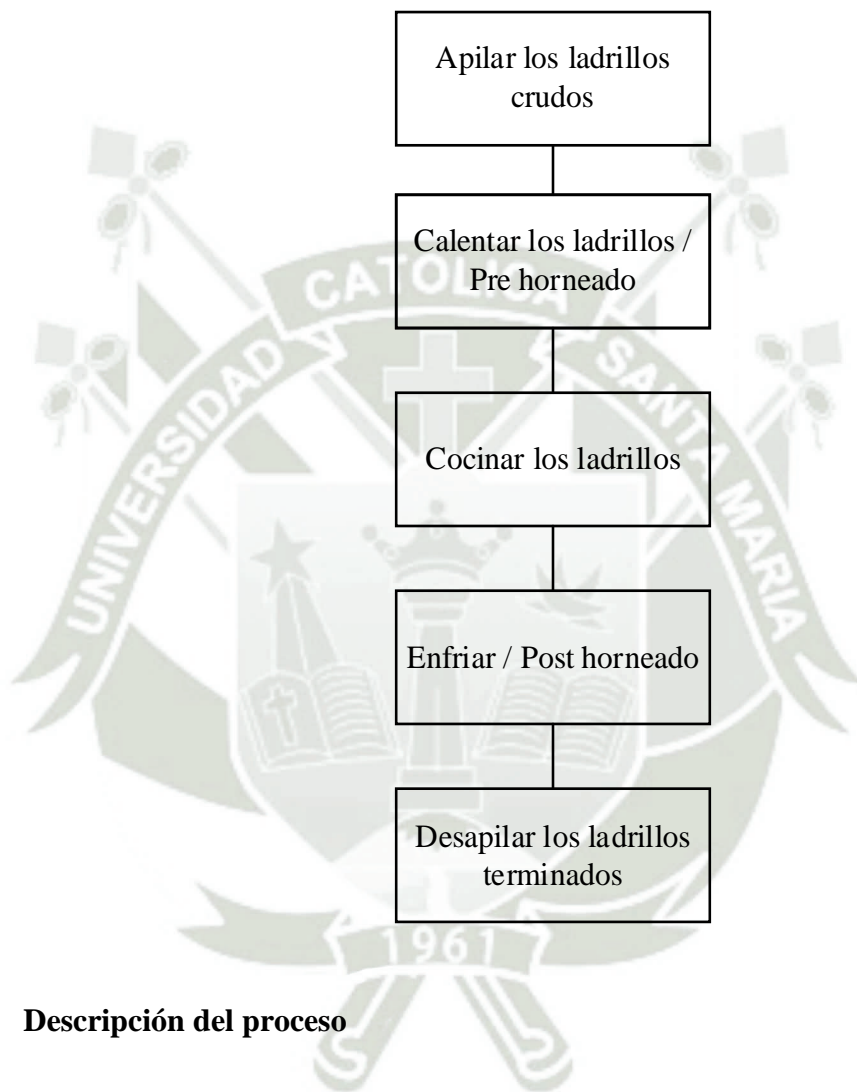


3.3.4 Cocción del ladrillo

A. Diagrama de bloques

Figura 33

Diagrama de bloques del proceso de cocción de ladrillos.



B. Descripción del proceso

a) Apilar los ladrillos crudos

Los ladrillos son trasladados hacia el área de apilado mediante un sistema de cadenas, luego de esto son apilados en conjunto dependiendo el tipo de ladrillo, el apilado varía, esta operación se realiza con brazos mecánicos automatizados.

Figura 34

Traslado de los ladrillos mediante un sistema de cadenas.



b) Calentar - Prehorneado

Luego del apilado en una vagoneta el ladrillo ingresa a un horno donde se realiza un prehorneado con la finalidad de precalentar el ladrillo y evitar un shock térmico al ingreso del horno y así evitar fracturas, garantizando el acabado y calidad del ladrillo.

Figura 35

Horno de cocción de ladrillos.



c) Cocinar los ladrillos crudos

El horneado del ladrillo se realiza en cámaras térmicamente aisladas, y recubiertas con materiales refractarios, dentro de estas cámaras mediante quemadores, el ladrillo precalentado se calienta gradualmente hasta llegar a los 940°C y el ladrillo se hornea

aproximadamente durante 4 horas, toda la operación de horneado y post horneado, dura 24 horas aproximadamente.

Figura 36

Quemador a gas calentando el horno de ladrillos.



d) **Enfriar - Post horneado**

Con el objetivo de evitar un shock térmico, el ladrillo es enfriado gradualmente desde su temperatura más alta hasta llegar a una temperatura de 40 °C, esta operación se realiza en el horno, apagando gradualmente los quemadores, todo el proceso de cocción se realiza de manera automatizada.

e) **Desapilar los ladrillos terminados**

Luego de retirarse del horno, los ladrillos pasan un sistema de brazos automatizados para ser armados en bloques o cubos según el tipo de ladrillo, los paquetes armados luego se embalan y quedan listos para el transporte.

Figura 37

Ladrillos cocidos terminados previo al despacho.



3.4 Influencia de los procesos y operaciones en la resistencia estructural de los ladrillos

Diversos autores y actores involucrados en la fabricación de ladrillos concuerdan que la resistencia estructural de los ladrillos no solo depende de la composición de la arcilla, sino también de los procesos y operaciones durante su fabricación. A continuación, se presentan algunas investigaciones sobre el análisis de la influencia de los procesos y operaciones en la resistencia estructural de los ladrillos de arcilla. La revisión se realiza para identificar los principales procesos y operaciones que intervienen en la fabricación de ladrillos, así como su impacto en las propiedades mecánicas de estos materiales, es importante entender cómo los procesos y operaciones de fabricación influyen en la resistencia estructural de los ladrillos de arcilla.

3.4.1 Primera investigación

Revisando la investigación de Sánchez & Vásquez (2019), titulada *Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de un ladrillo de tierra comprimida cocido en horno artesanal e industrial* los autores realizaron una evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales primeramente cocidos en un horno artesanal, seguido de un industrial, esta investigación se realizó el experimento de cocción de ladrillos en un horno artesanal, construido con ladrillos y alimentado con carbón, y posteriormente se compara

con un horno industrial Hoffman continuo, el cual utiliza cascarilla de cacao como combustible. Se entiende que un horno artesanal suele ser más simple y utiliza materiales locales disponibles, como ladrillos y arcilla. En cambio, los hornos industriales son contruidos con materiales más especializados y resistentes, con el objetivo de soportar operaciones continuas a alta temperatura, la principal diferencia entre estos hornos es que, en el horno industrial, se alcanzan mayores temperaturas y se puede mantener una temperatura constante.

Tabla 6

Tabla resumen de la primera investigación.

Proceso	Resistencia a la compresión INICIAL (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión FINAL (kg/cm ²)	Incremento porcentual (%)
Cocción de ladrillo	85,9	135,2	57,4

Fuente: Sánchez & Vásquez (2019)

Elaboración propia.

En este caso se encuentra un aumento considerable en la resistencia a la compresión del ladrillo, finalmente se concluye que el ladrillo cocido en un horno industrial presenta mejores características físicas frente al ladrillo cocido en horno artesanal.

3.4.2 Segunda investigación

Otro importante estudio para revisar es el de Pérez (2013), titulado *Elaboración de un ladrillo alternativo sin cocción en Cajamarca*, el estudio tiene como objetivo de elaborar un ladrillo alternativo sin cocción de suelo-cemento su principal enfoque es de aportar al cuidado del medio ambiente; y también obteniendo un material constructivo que pueda ser utilizado para las edificaciones, cumpliendo con las especificaciones físico-mecánicas mínimas exigidas en la Norma Técnica E.070. La problemática encontrada es la contaminación ambiental. La investigación evalúa la resistencia a la compresión de ladrillos elaborados artesanalmente, con diversos prototipos fabricados por el autor, prescindiendo de la cocción del ladrillo. Para la Tabla 7 se promedian los resultados obtenidos de la resistencia

a la compresión de los prototipos sin cocción y se comparan con el resultado a la compresión obtenido del ladrillo artesanal que se evaluó al inicio de la investigación.

Tabla 7

Tabla resumen de la segunda investigación.

Proceso	Resistencia a la compresión CON COCCION (kg/cm²)	Resistencia a la compresión SIN COCCION (kg/cm²)	Incremento porcentual (%)
Cocción de ladrillo	65,9	57,5	-12,75

Fuente: Pérez (2013)

Elaboración propia.

Si bien los resultados obtenidos por el autor cumplen con la normativa vigente de albañilería en Perú y su propuesta representa una alternativa importante en la reducción de la contaminación producto del proceso de cocción, prescindir del proceso de cocción representa una reducción en la resistencia a la compresión. Se entiende que la cocción de la arcilla es un procedimiento necesario para que logre alcanzar su mayor resistencia y otras características requeridas de los materiales de construcción.

3.4.3 Tercera investigación

Un estudio relevante en el proceso de cocción de los ladrillos, específicamente en el de la temperatura necesaria es el de Guerrero & Espinel & Sánchez (2016), titulado *Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales*, la investigación analiza la cocción de los ladrillos en hornos artesanales y propone que la este proceso es crucial para asegurar que los ladrillos alcancen las propiedades mecánicas esperadas, según las normativas vigentes, para la toma de datos se dividió el horno en tres niveles y se realizó las mediciones por termopares y se registraron más de 700 datos en los niveles. La teoría en que se basa la investigación indica que la cocción es un proceso fisicoquímico en el cual la movilidad atómica provoca la unión de las partículas de arcilla y reduce la porosidad.

Tabla 8

Tabla resumen de la tercera investigación.

Proceso	Resistencia a la compresión MAYOR VELOCIDAD (kg/cm²)	Resistencia a la compresión MENOR VELOCIDAD (kg/cm²)	Incremento porcentual (%)
Velocidad de incremento de temperatura	41,3	74,2	79,8

Fuente: Guerrero & Espinel & Sánchez (2016)

Elaboración propia.

La velocidad de incremento de temperatura en el tercer nivel es la más baja entre los tres niveles. Una baja velocidad de calentamiento es beneficiosa porque permite una liberación más gradual de las tensiones internas de la arcilla, lo que reduce la formación de grietas y otros defectos estructurales. Esta mejor resistencia puede atribuirse a la reducción de defectos estructurales y una menor vitrificación, manteniendo así la integridad del material. Los principios teóricos y las correlaciones estadísticas refuerzan esta observación. Es esencial controlar la velocidad con la que se cambia la temperatura en el horno, ya que un descenso abrupto puede causar una rápida contracción y generar tensiones que podrían fracturar el material.

3.4.4 Cuarta investigación

Siguiendo con el proceso de cocción de ladrillo se encuentra la investigación de Urbina (2016), titulada *Influencia de la temperatura de cocina sobre la contracción, absorción y resistencia a la compresión en ladrillos de arcilla cocidos*, la investigación evalúa de manera experimental la influencia de la temperatura en los ladrillos, considerando su contracción volumétrica, absorción y resistencia a la compresión. Para esto el autor selecciono ladrillos de una empresa industrial Los niveles de temperatura de cocción utilizados fueron de 700°C y 850°C, luego de esto, se analizó la resistencia a la compresión de los ladrillos expuestos a estas dos temperaturas.

Tabla 9

Tabla resumen de la cuarta investigación.

Proceso	Resistencia a la compresión TEMP. INICIAL (kg/cm²)	Resistencia a la compresión TEMP. FINAL (kg/cm²)	Incremento porcentual (%)
Temperatura de cocción	201,17	244,77	21,7

Fuente: Urbina (2016).

Elaboración propia.

La investigación concluye que el aumento de la temperatura de cocción influye significativamente en la mejora de la resistencia a la compresión y la contracción, al mismo tiempo que reduce la capacidad de absorción de los ladrillos, se indica en el experimento que la temperatura de 850°C es la más adecuada.

3.4.5 Quinta investigación

En el contexto del análisis en general de todo el proceso de fabricación se tiene la investigación de Ruiz (2015), titulada *Estudio de las propiedades físico -mecánicas del ladrillo de arcilla elaborado en el centro poblado menor de Otuzco y ladrillo industriales Rex*, en ella parte a partir de que los ladrillos artesanales son más utilizados que los industriales y busca verificar si cumplen con la normativa vigente. El objetivo de esta investigación es determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo fabricado artesanalmente y compararlo con un ladrillo similar fabricado industrialmente. Posteriormente el autor selecciono muestras y procedió a realizar ensayos clasificatorios (variación dimensional, alabeo, compresión simple) y no clasificatorios (succión, absorción, porcentaje de área de huecos, ensayos de pilas y muretes, ensayos de mortero). Las variables de los procesos de esta investigación, relevantes al enfoque de nuestra investigación es la diferenciación de los procesos de moldeado y molienda, la comparación realizada por el autor, evalúa ambos procesos, uno desarrollado de forma artesanal y el otro de forma industrial.

Tabla 10

Tabla resumen de la quinta investigación.

Proceso	Resistencia a la compresión ARTESANAL (kg/cm²)	Resistencia a la compresión INDUSTRIAL (kg/cm²)	Incremento porcentual (%)
Moldeado y Cocción	43,3	146,6	238,6

Fuente: Ruiz (2015).

Elaboración propia

Al evaluar todo el ciclo de fabricación de un ladrillo, principalmente en los procesos de moldeado y cocción, se obtuvo una diferencia mucho más notable, se entiende que los procesos artesanales se realizan en mayor parte de manera empírica, mientras las fábricas industriales y sus procesos son tecnificados, así también como tienen políticas de mejora continua y controles de calidad más estrictos. Se entiende que el control de calidad y mejora continua de procesos es un factor relevante y se correlaciona a la resistencia a la compresión de los ladrillos.

3.4.6 Sexta investigación

Siguiendo el contexto de análisis del tipo de fabricación Bernal (2013), en su investigación *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del centro poblado el Cerrillo - Baños del Inca y Lark de Lambayeque* realiza un análisis comparativo de los ladrillos producidos por dos fábricas un lote de ladrillo fabricado artesanalmente y otro lote de un ladrillo semejante fabricado industrialmente, esta comparación se realizó con el objetivo de evaluar las propiedades físicas y mecánicas, la metodología utilizada fue cuasi experimental, seleccionando una muestra por juicio o conveniencia. El autor analiza la manera como ambos procesos, artesanal e industrial, influyen en las características finales del ladrillo, principalmente en la resistencia a la compresión, igualmente que la referencia anterior, las características donde existe mayor diferencia entre ambos métodos, artesanal e industrial, es en los procesos de moldeado y cocción.

Tabla 11

Tabla resumen de la sexta investigación.

Proceso	Resistencia a la compresión ARTESANAL (kg/cm²)	Resistencia a la compresión INDUSTRIAL (kg/cm²)	Incremento porcentual (%)
Moldeado y Cocción	69,0	85,0	23,2

Fuente: Bernal (2013)

Elaboración propia.

El autor posteriormente analiza cada una de las propiedades físicas y mecánicas, y el comportamiento de los ladrillos ante diferentes ensayos, concluye que los ladrillos elaborados por mediante un proceso industrial tienen mejores características comparados con los ladrillos elaborados de manera artesanal, resalta que los principales procesos que influyen en la resistencia son la extrusión, previo al secado, así también como el proceso de cocción.

3.4.7 Séptima investigación

Una investigación importante que abarca el análisis a los procesos de varias ladrilleras es el de Chávez (2017), titulado *Análisis de las Propiedades Físico Mecánicas de Ladrillos de Arcilla Calcinada en las Principales Ladrilleras de la Región Arequipa*, la investigación realizada en la ciudad de Arequipa, desarrolla una gran cantidad de ensayos con objetivo de clasificar las unidades de albañilería de acuerdo con sus propiedades mecánicas y físicas. Desde el enfoque de nuestra investigación y como los procesos de fabricación influyen en la resistencia estructural del ladrillo, el autor evaluar la capacidad máxima de las diferentes ladrilleras de la región, se realizó ensayos a tres diferentes ladrilleras industriales, y a dos diferentes ladrilleras artesanales.

Tabla 12

Tabla resumen de la séptima investigación.

Proceso	Resistencia a la compresión ARTESANAL (kg/cm²)	Resistencia a la compresión INDUSTRIAL (kg/cm²)	Incremento porcentual (%)
Moldeado y Cocción	172,3	182,0	5,6

Fuente: Chávez (2017)

Elaboración propia.

Para la presente investigación se resalta la importancia de dos conclusiones de la tesis de Chávez (2017).

- El estudio concluye que los ladrillos producidos en las ladrilleras presentan porcentajes de variación dimensional y alabeo mayores a los normados, esta condición puede disminuir la adherencia del mortero y del ladrillo, al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; incluso podrían provocar fallas de tracción por flexión en la unidad. A partir de esta conclusión, se propone que es necesario distribuir las cargas en toda el área de los ladrillos con el objetivo de mejorar su resistencia y adherencia al mortero.
- El autor concluye que el traslado y almacenamiento son etapas críticas en donde se pueden presentar mayores fracturas en los ladrillos, esto representa un problema considerable ya que, para ser usados en la construcción de albañilería, los ladrillos no pueden presentar fracturas. A partir de esta conclusión, se propone que los bordes redondeados reducirán las fracturas en los ladrillos durante los traslados, lo que podría representar un ahorro en mermas de ladrillos.

3.4.8 Octava investigación

Adicionalmente un estudio de gran importancia es el de Martos, S. (2022), el cual se titula *Variación de la resistencia a la compresión de los ladrillos, debido a los factores: materiales y proceso de fabricación, a partir de investigaciones realizadas en el Perú*, la importancia de este estudio radica en la revisión de treinta y dos investigaciones realizadas en el Perú, relacionadas con la influencia de los procesos de fabricación de los ladrillos en

la resistencia final del producto, para posteriormente identificar los factores en el proceso de fabricación que más influyen en la resistencia a la compresión de los ladrillos.

3.4.9 Análisis de los procesos

A partir de toda la información revisada anteriormente, se entiende que los procesos de fabricación tienen una influencia significativa en la resistencia estructural de los ladrillos de arcilla. Entre los principales factores que determinan la calidad y resistencia de los ladrillos son:

A. Selección y preparación de la materia prima

- La calidad de la arcilla utilizada es fundamental, ya que su composición química y mineralógica determinan las propiedades mecánicas del ladrillo.
- La molienda y mezclado adecuados de la arcilla permiten obtener una masa homogénea y compacta.
- La humectación adecuada de la arcilla facilita el moldeado y compactación de los ladrillos.

B. Moldeado

- El método de moldeado utilizado influye en la densidad y uniformidad del ladrillo.
- El prensado adecuado de la masa de arcilla asegura una compactación efectiva y aumenta la resistencia del ladrillo.

C. Secado

- Un secado controlado y uniforme es esencial para evitar deformaciones y grietas en los ladrillos.
- La velocidad de secado debe ser gradual para permitir la eliminación gradual de la humedad sin generar tensiones internas en el material.

D. Cocción

- La temperatura y el tiempo de cocción son cruciales para la sinterización de la arcilla y el desarrollo de las propiedades mecánicas del ladrillo.
- Una cocción adecuada aumenta la resistencia a la compresión, la flexión y la tracción del ladrillo.
- Un control preciso de la temperatura y el tiempo de cocción es esencial para obtener ladrillos de calidad uniforme.

E. Control de calidad

La implementación de un sistema de control de calidad en la fabricación de ladrillos permite garantizar que los productos finales cumplan con los estándares de calidad y resistencia establecidos. Los procesos de fabricación industriales suelen ofrecer un mayor control sobre las variables que influyen en la resistencia estructural de los ladrillos, en comparación con los procesos artesanales. Esto se debe a que las fábricas industriales cuentan con equipos y tecnología más avanzados, así como con personal capacitado y procedimientos estandarizados.

3.5 Conclusiones parciales del capítulo III

Sintetizando la información del Capítulo III, entendemos que la resistencia estructural de los ladrillos depende tanto de la composición de la arcilla como de los procesos utilizados durante su fabricación, así también del tipo de fabricación. Procesos controlados mejoran considerablemente la calidad del ladrillo, principalmente su resistencia estructural.

El secado y moldeado influyen en la uniformidad y densidad del ladrillo. Un secado gradual evita deformaciones y aumenta la resistencia a largo plazo. De igual manera, un moldeado adecuado asegura una compactación efectiva de la masa de arcilla, incrementando la resistencia estructural.

La cocción es un proceso clave en la mejora de la resistencia de los ladrillos, los ladrillos cocidos en hornos industriales presentan mejores características físicas y mecánicas

en comparación a los fabricados en hornos artesanales, debido al control preciso de la temperatura y el tiempo de cocción.

Las investigaciones citadas, muestran que los ladrillos producidos industrialmente tienen ventajas sobre los fabricados artesanalmente, tanto en resistencia a la compresión como en el acabado final. La implementación de controles de calidad durante cada fase del proceso productivo es importante para garantizar que los ladrillos producidos tengan mejores características, tanto físicas como mecánicas.



CAPITULO IV DIAGNOSTICO DEL MERCADO

4 Análisis del entorno

Este punto es fundamental en la contextualización de la investigación, ya que proporciona una comprensión del entorno en el que se desarrolla el tema de investigación. El análisis del entorno consiste en la revisión de diversos factores externos que pueden influir directa o indirectamente en la investigación.

4.1 Análisis

La herramienta escogida para este punto es el análisis PESTEL, la cual es una herramienta para evaluar factores externos que pueden influir en la presente investigación.

Según Steffens(2016), el modelo PESTEL, que toma su nombre de las seis categorías de variables macroeconómicas que analiza, proporciona una visión panorámica del entorno en el que opera su empresa. Al identificar y evaluar estos factores externos, permite construir escenarios futuros y tomar decisiones más acertadas para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades que se presenten. En esencia, el análisis PESTEL es una herramienta de planificación estratégica que ayuda a las empresas a adaptarse a un entorno en constante cambio. Las siglas PESTEL, hacen referencia a seis categorías, las cuales se listan a continuación.

4.1.1 Factores políticos

Según los principales factores políticos que podrían influir en la presente investigación se encuentra, la Ley Peruana N.º 26912 promulgada por Congreso de la República del Perú. (1998), la cual fomenta la promoción del acceso de la población a la propiedad privada de vivienda y fomento del ahorro, mediante mecanismos de financiamientos, mediante esta ley se ofrece a la población peruana el programa Fondo Mi Vivienda, el cual tiene como objetivo facilitar la adquisición de viviendas, dando especial interés a la población de menores ingresos. Los principales productos mediante este programa son los siguientes:

El Programa Techo Propio, perteneciente al Fondo Mi Vivienda(2023), el cual está enfocado únicamente a familias de bajos recursos económicos para que puedan adquirir una vivienda, el cual subsidia un bono gratuito, los bonos otorgados al presente año son:

- Para compra una vivienda el bono es de S/ 43312
- Para construir una vivienda el bono puede ser de S/ 29700
- Para mejorar una vivienda el bono es de S/ 11385

El programa Nuevo Crédito MiVivienda perteneciente al Fondo Mi Vivienda (2023), es un crédito el cual permite comprar, construir y mejorar viviendas, los montos financiados van desde los S/. 65200 hasta los S/. 464200.

La influencia de los factores políticos como los créditos y bonos otorgados por el estado para la adquisición o construcción de viviendas tiene un impacto significativo sobre el mercado inmobiliario, principalmente en el sector de la construcción, esto puede influir significativamente en la demanda de materiales de construcción, incluido los diferentes tipos de ladrillos.

4.1.2 Factores económicos

Se revisó los principales factores económicos que son relevantes para la investigación, estos son los siguientes.

Tendencias económicas globales, según el Grupo Banco Mundial (2023), en su informe sobre la perspectiva mundial, en el 2023, espera que el crecimiento global se desacelere al 2,1%. Esta tendencia se atribuye a condiciones financieras desafiantes y una demanda externa moderada que afectará a los mercados emergentes y economías en desarrollo. Los riesgos incluyen tensiones bancarias extendidas y políticas monetarias más restrictivas. Es necesario la cooperación global para reformas financieras, acción climática y alivio de la deuda. La credibilidad de los bancos centrales sigue siendo crucial. Se sugiere reconstruir gradualmente el margen fiscal con un gasto público más eficiente y recursos internos. Se enfatiza la necesidad de reformas para impulsar la inversión en capital y recursos humanos, mejorar la oferta laboral, aumentar la productividad de los servicios y fortalecer el comercio para revertir la desaceleración del crecimiento potencial.

Inflación en el Perú, según BBVA Research (2023), en su informe del 6 de octubre del 2023, pronostica que la economía peruana crecerá 0,4% en 2023 y 2,3% en 2024. Por otro lado, pronostica que el tipo de cambio PEN-USD cerrará el año entre 3,70 y 3,80 soles por dólar y entre 3,80 y 3,90 a fines del año 2024. También resalta sobre la inflación que esta, está retrocediendo (5,0% en setiembre) y se prevé que lo seguirá haciendo en los siguientes meses, cerrando 2023 en 4,1%. La alta base de comparación interanual, la debilidad de la economía, y la posición monetaria restrictiva apuntan en ese sentido. En 2024, cuando el fenómeno El Niño se haya disipado, la inflación retomará su tendencia a la baja y finalizará ese año en 2,8%.

Los principales riesgos para la economía peruana en el cuarto trimestre del año 2023 y el 2024 son los siguientes.

Riesgos Internacionales

- Episodios de inestabilidad y recesión por persistencia de la inflación.
- Entorno geopolítico con tensiones latentes.
- Desaceleración más brusca de la economía China.
- Elecciones presidenciales en EEUU.

Riesgos Nacionales

- El Niño Costero más intenso o con impactos aún más sensibles sobre la economía.
- Medidas populistas que afecten la competitividad (mercado laboral, sistema de pensiones).
- Renovadas tensiones políticas y sociales.
- Ralentización de la actividad de carácter más cíclico que coyuntural.

Producto Bruto Interno (PBI) Año 2021, según el informe sobre el Producto Bruto Interno por departamento elaborado por el Instituto Nacional de Estadística (2022, p. 65 - 66), en el año 2021, la economía del país experimentó un aumento del 13,4% en su Producto Bruto Interno (PBI) como consecuencia de diversas medidas implementadas para reactivar las actividades económicas. Estas medidas incluyeron la flexibilización de restricciones sociales, el avance en el proceso de vacunación contra la COVID-19 y la recuperación de la

economía mundial, lo cual generó una mayor demanda y mejores precios para las exportaciones. En comparación con el año 2019, el crecimiento del PBI en 2021 aumentó en un 1,1%. En el sector construcción, hubo un aumento del 34.9 % en el año 2021. Mientras que el departamento de Arequipa registro un aumento del 13,2%.

Según el Instituto Nacional de Estadística. (2023), en su informe sobre el Producto Bruto Interno por Sectores Económicos 1950 – 2022, en el año 2021, la economía del país experimentó un aumento del 2,7 % en su Producto Bruto Interno (PBI), lo cual es significativamente menor al año anterior, esto principalmente porque en el año 2020, la economía fue afectada por la pandemia ocasionada por la Covid-19.

Habiendo recopilado datos históricos, se elaboró la Tabla 13 en donde se observa la evolución de Producto Bruto Interno en el país desde 2000 a 2022.

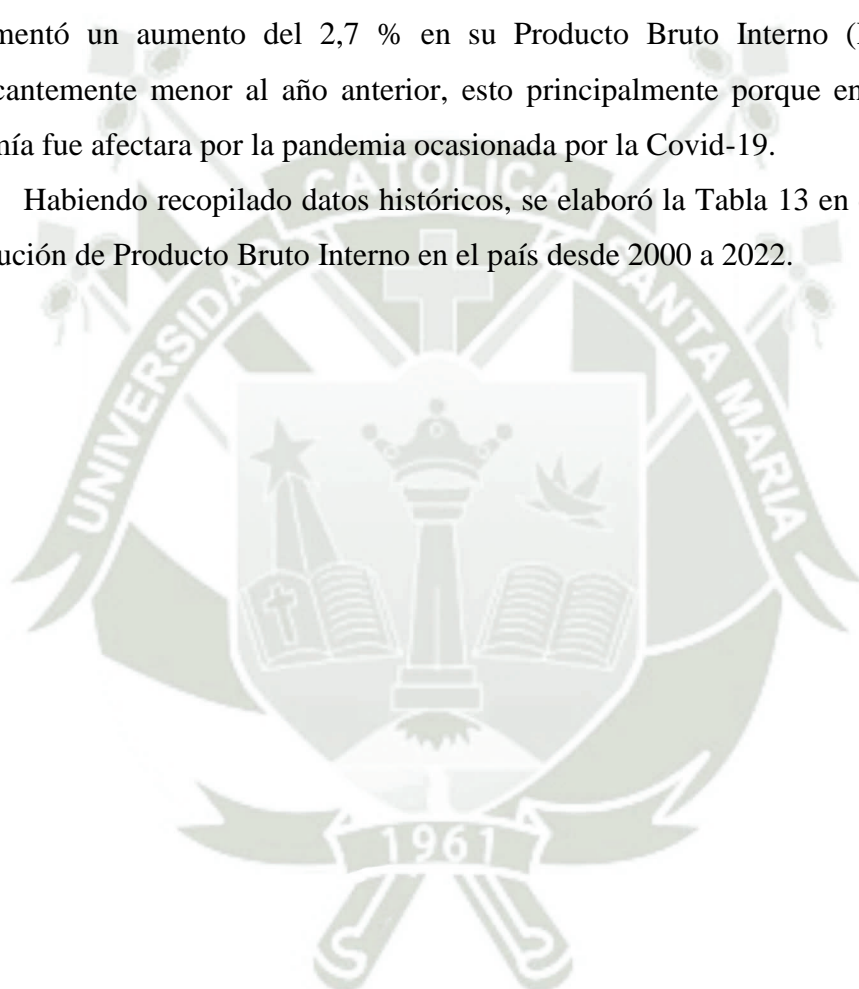


Tabla 13*Producto bruto interno en el Perú entre los años 2000 - 2022.*

Año	PBI (millones de soles)	PBI (variación porcentual)
2000	222207	2,7%
2001	223580	0,6%
2002	235773	5,5%
2003	245593	4,2%
2004	257770	5,0%
2005	273971	6,3%
2006	294598	7,5%
2007	319693	8,5%
2008	348870	9,1%
2009	352693	1,1%
2010	382081	8,3%
2011	406256	6,3%
2012	431199	6,1%
2013	456435	5,9%
2014	467308	2,4%
2015	482506	3,3%
2016	501581	4,0%
2017	514215	2,5%
2018	534626	4,0%
2019	546605	2,2%
2020	487191	-10,9%
2021	552560	13,4%
2022	567390	2,7%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. (2023)

Elaboración: Propia

En el cuadro anterior, se observa un patrón de crecimiento económico a lo largo de los años, con aumentos constantes en el PBI, especialmente desde el año 2002 hasta el año 2013, esto indica un periodo de crecimiento sostenido en la economía peruana, así también se evidencia una disminución importante en el año 2020, por los efectos económicos de la pandemia COVID-19. Luego de esto el aumento considerable en el 2021, indica una recuperación económica rápida después de la contracción en 2020.

Los factores previamente revisados permiten comprender mejor el entorno económico rodea y del cual la industria de ladrillos pertenece, así como en el sector de la construcción. Estos aspectos son fundamentales para conocer de manera general impacto

económico, la viabilidad y la adopción de un nuevo diseño de ladrillo dentro del mercado de la construcción.

4.1.3 Factores sociales

Deseo de viviendas

El principal estudio revisado fue el de Fondo Mi Vivienda S.A. (2023, p. 17 - 40), el cual muestra una investigación de la demanda de vivienda a nivel de las principales ciudades, incluida la ciudad de Arequipa, en esta investigación se concluye que existen en la ciudad de Arequipa una demanda potencial de 42519 viviendas y una demanda efectiva de 12379 viviendas, así también indica que casi todos los núcleos familiares tienen intenciones de adquirir o construir una vivienda, específicamente el 97.9%. Otra conclusión importante del estudio es que en su mayoría los ahorros de las familias, están destinado para la cuota inicial de una vivienda o terreno.

Tendencias demográficas

Según el informe publicado por el Instituto Nacional de Estadística. (2022, p. 43 - 47), titulado *Perú: 50 años de cambios y tendencias demográficas*, indica la tendencia en la distribución de la población peruana por área de residencia. Este proceso de urbanización que se ha visualizado en los peruanos se debe a las migraciones internas a la población peruana, se debe a las migraciones internas del área rural a las áreas urbanas. Se resalta el pronóstico proyectado al año 2022, el 82,0% de la población se encontrará en áreas urbanas, en la Tabla 14.

Tabla 14

Evolución de la población según área de residencia, 1940 – 2022 en miles de habitantes.

Área de residencia	Población censada							Población proyectada 2022
	1940	1961	1972	1981	1993	2007	2017	
Total	6208,0	9906,7	13538,2	17005,2	22048,4	27412,2	29369,7	33396,7
Urbana	2197,1	4698,2	8058,5	11091,9	15458,6	20810,3	24205,9	27394,7
Rural	4010,8	5208,6	5479,7	5913,3	6589,8	6601,9	5176,0	6002,0
Estructura porcentual								
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Urbana	35,4	47,4	59,5	65,2	70,1	75,9	82,4	82,0
Rural	64,6	52,6	40,5	34,8	29,9	24,1	17,6	18,0

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. (2022, p. 43 - 47)

Elaboración propia

Surgimiento de grandes ciudades

Según el censo de 2017, realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, son 23 las ciudades con más de 100 mil habitantes. Se estima que para el año 2022, 26 ciudades tendrán una población superior a los 100 mil habitantes, según la Tabla 15. El proceso de urbanización ha introducido cambios tanto en el crecimiento, densidad y distribución de la población, así como como en lo que concierne a la expansión física y comportamiento espacial de las ciudades.

Tabla 15

Ciudades con más de 100 mil habitantes, 1940 – 2022 en miles de habitantes.

Ciudades	Población censada							Población proyectada 2022
	1940	1961	1972	1981	1993	2007	2017	
Lima	562,9	1632,4	2981,3	4165,6	5706,1	7605,7	8575,0	9943,8
Callao		213,5	321,2	443,4	639,7	876,9	994,5	1154,2
Arequipa		163,7	306,1	442,9	629,1	806,5	1009,0	1142,9
Trujillo		102,3	240,3	364,4	537,5	766,1	919,9	1111,3
Chiclayo			177,3	263,2	393,4	527,2	552,5	609,4
Chimbote			174,2	231,6	291,4	320,2	354,3	402,6
Iquitos			110,2	169,1	274,8	367,2	377,6	451,2
Piura			126,0	202,1	272,2	377,9	473,0	562,3
Huancayo			126,8	171,8	279,8	385,4	465,8	547,2
Cusco			121,5	177,6	255,6	348,9	428,5	523,3
Ica				112,5	161,5	238,1	289,9	348,1
Sullana				117,0	149,1	170,3	184,9	206,2
Tacna					174,3	242,5	286,2	337,5
Pucallpa					172,3	272,6	327,6	410,8
Juliaca					142,6	216,7	276,1	328,7
Huanuco					118,8	146,8	196,6	233,9
Chincha					112,2	153,6	181,5	215,0
Ayacucho					105,9	151,0	216,4	268,3
Huacho					104,3	133,6	156,8	185,2
Cajamarca						161,2	201,3	243,8
Puno						119,1	128,6	143,1
Tarapoto						116,6	144,8	171,7
Huaraz							118,8	140,0
P. Maldonado								116,5
Tumbes								108,2
Talara								102,4

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. (2022, p. 43 - 47)

Elaboración propia

Con los resultados anteriores se sugiere que se tiene un panorama de crecimiento continuo en el sector de la construcción e inmobiliario, respaldado por una alta demanda de viviendas en la ciudad de Arequipa. Así también el crecimiento urbano se ha incrementado año tras año, tal como la tendencia del incremento poblacional, principalmente en las ciudades. Esta situación sugiere una necesidad constante de materiales de construcción y resalta la importancia de la industria de materiales para responder a esta creciente demanda.

4.1.4 Factores tecnológicos

Recopilando la noticia publicada de una entrevista por Diario Oficial El Peruano (2022), se entiende que la construcción experimenta una evolución dinámica, siendo las

tendencias orientadas hacia un desarrollo sostenible en la construcción de diversas obras, desde las más simples hasta las más complejas y exigentes. La investigación y la innovación se han convertido en elementos esenciales y determinantes para impulsar el crecimiento del sector construcción tanto a nivel nacional como internacional. Así también resalta que la innovación tecnológica principalmente contribuye a la construcción sostenible a través de productos elaborados con materias primas innovadoras y recicladas, con el objetivo de reducir el consumo energético. Asimismo, es necesario que las empresas relacionadas con del sector de construcción deben asignar un presupuesto anual significativo a sus áreas de Investigación y Desarrollo (I+D). Esto permitirá descubrir herramientas innovadoras de última tecnología que continúen promoviendo un ciclo de construcción sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Este enfoque abarca todas las fases del ciclo de vida de la construcción, desde el diseño arquitectónico hasta la gestión de residuos derivados de las materias primas.

Se encuentra información interesante en una publicación de la Universidad de Ingeniería y Tecnología. (2022), la cual indica que, durante la última década, en el Perú se ha observado un constante crecimiento en la inversión destinada a Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI). No obstante, esta inversión actualmente representa solamente el 0.13 % del Producto Bruto Interno (PBI), mientras que la mayoría de países desarrollados asignan más del 2 % de su PBI a este fin. Algunos países, como Corea del Sur o Israel, llegan a destinar hasta un 4 % de su PBI. El Perú debería aumentar su inversión, al menos, hasta alcanzar el 0.4 % del PBI, siguiendo el ejemplo de Chile. A partir de esta proporción, se podría proyectar un futuro aumento hasta llegar al 1 % o incluso al 2 %, lo que contribuiría a mejorar la competitividad del país.

4.1.5 Factores ecológicos

Según Miranda & Neira & Torres & Valdivia (2018), indican que la industria de la construcción a nivel mundial es responsable del uso directo de más del 40% de la energía y el 50% de los materiales producidos, generando también más del 50% de los residuos. En este contexto se importante la necesidad de fomentar la construcción sostenible como una medida preventiva y correctiva.

En el Perú, se impulsa la inversión del sector privado en proyectos de construcción, pero se observa una falta de criterios suficientes en términos de sostenibilidad. Falta una adecuada consideración de los impactos y riesgos relacionados con el cambio climático, a

pesar de los esfuerzos realizados por el gobierno, el sector privado, la academia y la sociedad civil. Actualmente, el enfoque de desarrollo sostenible no se encuentra integrado en los procesos de construcción. Esta situación se atribuye a la escasa participación de organizaciones dedicadas a sistematizar, difundir y desarrollar habilidades para el uso de materiales y tecnologías constructivas coherentes con los principios de sostenibilidad en el país.

En general, el Perú no cuenta con esfuerzos relevantes o generalizados para fomentar la adopción de materiales y métodos de construcción ecoeficientes. Siendo así se encuentra un gran nicho para promover la innovación y sostenibilidad, principalmente la universidades y centros de investigación tienen un gran potencial para impulsar el desarrollo y la difusión de tecnologías y materiales adecuados. Estas entidades no solo llevan a cabo investigaciones, sino que también educan y preparan a profesionales con el conocimiento y las habilidades necesarias para aplicar conceptos y técnicas de construcción sostenible. Es crucial respaldar la ampliación de las experiencias existentes, lo que facilitaría la creación de nuevas tecnologías y materiales sostenibles que puedan fabricarse a nivel industrial y ser accesibles para la mayoría de la población.

4.1.6 Factores legales

Los principales factores del presente punto son las normativas relacionadas con la construcción, los cuales rigen y deben ser de carácter obligatorio en el país, dado el contexto del riesgo sísmico presente y la informalidad en los procesos constructivos. En el sector construcción prácticamente todos los procesos se encuentran bajo normativas, para el presente estudio se listaron las normativas vigentes más relevantes en el enfoque del uso del ladrillo.

A. Normativa nacional

Se encuentra la Norma Técnica Peruana 399.633:2017 con título *Unidades de Albañilería Terminología y definiciones*, establece términos y definiciones genéricas de términos frecuentemente utilizados en la albañilería y unidades de albañilería, estos términos son los usados comúnmente en las demás normas técnicas. Esta norma se aplica a unidades de albañilería de arcilla, de concreto, adoquines de concreto, unidades de albañilería silico-calcareas, tejas.

La norma técnica peruana con código 399.613:2017, NTP 399.613:2017 titulada *Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*, elaborada por Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería. (2018), es la principal norma relacionada al control de calidad en los ladrillos usados en albañilería. En dicha norma establece los procedimientos correctos para el muestreo en unidades de albañilería y los ensayos de control de calidad en los ladrillos. Entre los principales ensayos normados son los siguientes:

- Módulo de rotura (ensayo de flexión)
- Resistencia a la compresión
- Absorción
- Congelamiento y descongelamiento
- Rapidez inicial de absorción (succión)
- Eflorescencia
- Medida del tamaño
- Medida del alabeo
- Medida del cambio de longitud
- Medidas del área de vacíos en unidades perforadas
- Medidas de descuadre
- Módulo de rotura

Las normas anteriores fueron elaboradas y aprobadas por el Instituto Nacional de la Calidad más conocido por sus siglas INACAL, el cual es miembro y representante del Perú ante la Organización Internacional de Normalización conocido por sus siglas (ISO).

Otra normativa vigente es la *Norma E.070 Albañilería* elaborada por SENCICO (2020), la cual establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones nuevas de albañilería confinada y armada, así como la evaluación, reparación y reforzamiento de las edificaciones existentes de albañilería. Se resalta la vital importancia de la norma debido a su papel fundamental en la garantía de la seguridad estructural de las edificaciones construidas con albañilería, cumplir con esta normativa es fundamental para garantizar que las construcciones de albañilería sean seguras y puedan resistir los efectos de

los eventos sísmicos, contribuyendo así a la protección de la vida humana y la preservación de la integridad de las estructuras.

B. Normativa internacional

El principal ente de estándares internacionales en construcción es la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés (American Society for Testing and Materials o ASTM International), es una organización de estándares internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios. Existen alrededor de 12.575 acuerdos voluntarios de normas de aplicación mundial.

La norma correspondiente para ladrillos es la emitida por ASTM INTERNATIONAL (2023), con código ASTM C67/C67M-23a, la cual se titula *Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile* o métodos de prueba estándar para el muestreo y ensayo de ladrillos y tejas de arcilla estructural, esta norma es la referencia principal de la NTP 399.613:2017, se destaca la importancia en la construcción debido a su enfoque en la evaluación de la calidad y las propiedades de las estructuras utilizadas en las edificaciones. Al seguir estas pautas, los fabricantes, contratistas y profesionales de la construcción pueden asegurar la uniformidad en la calidad de estos materiales, garantizando su idoneidad para su uso en diversas aplicaciones estructurales.

La normativa revisada anteriormente tiene un impacto significativo en el desarrollo, producción y utilización de los ladrillos, principalmente porque rigen el uso de los mismos. Evaluar los aspectos legales y normativa vigente es crucial para garantizar el cumplimiento normativo y la viabilidad de la investigación.

4.2 Conclusiones parciales del capítulo IV

Sintetizando lo revisado en el presente capítulo se encuentra que las conclusiones parciales más relevantes son las siguientes

Los programas del Gobierno de nuestro país, como Fondo MiVivienda, ofrecen oportunidades significativas para impulsar la demanda de materiales de construcción, incluidos los ladrillos, a través de subsidios y créditos que facilitan la adquisición y mejora de viviendas.

El crecimiento económico en el Perú, aunque lento en comparación con años anteriores, sigue siendo un factor clave en el desarrollo del sector construcción. Las previsiones de crecimiento moderado y la reducción de la inflación favorecen la estabilidad del mercado de materiales de construcción.

Existe una demanda creciente de viviendas, particularmente en ciudades como Arequipa, debido a la urbanización y el deseo de adquirir propiedades. Se entiende que existe una necesidad de materiales de construcción, que puedan satisfacer la demanda en áreas urbanas.

La innovación tecnológica en el sector de la construcción es fundamental para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de los materiales. La inversión en investigación y desarrollo en Perú es baja en comparación con otros países, lo que limita el avance en la adopción de tecnologías más avanzadas en la construcción.

CAPITULO V PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

5 ¿Por qué la metodología Design Thinking es la herramienta adecuada de la Ingeniería Industrial para abordar el desarrollo de un prototipo de ladrillo?

La aplicación de la Ingeniería Industrial en la búsqueda de soluciones innovadoras y eficientes para problemas complejos es una constante en cualquier operación e industria. En este contexto, la metodología Design Thinking ha surgido como una herramienta importante que permite a los ingenieros abordar desafíos desde una perspectiva centrada en el usuario, generando soluciones creativas y viables.

A continuación, se analizaron tres investigaciones que sustentan el valor de la metodología Design Thinking en la Ingeniería Industrial. Estas investigaciones demuestran cómo la metodología puede ser aplicada para:

- Resolver problemas complejos, identificar las causas raíz de los problemas, generar soluciones creativas e implementarlas de manera efectiva.
- Mejorar la eficiencia operativa, optimizar procesos, reducir costos y mejorar la calidad de los productos y servicios.
- Desarrollar nuevos productos y servicios, crear soluciones innovadoras que satisfagan las necesidades de los usuarios y respondan a las demandas del mercado.
- Fomentar la innovación social, diseñar soluciones que aborden problemas sociales y ambientales complejos, contribuyendo a un futuro más sostenible y equitativo.

5.1 Primera investigación

Se encuentra la investigación de Vargas (2023), titulada *Utilización de la metodología del Design Thinking para la evaluación de los aprendizajes en la Ingeniería Industrial*, en esta investigación se analiza cómo la metodología de Design Thinking ofrece una valiosa herramienta para la enseñanza en Ingeniería Industrial, facilitando la innovación y la gestión de la innovación a través de un enfoque práctico y estructurado. Esta metodología permite a los ingenieros industriales plasmar sus ideas y propuestas de manera efectiva. Al integrar esta metodología en la formación de ingenieros, se desarrollan

competencias esenciales en las áreas STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Art y Matemáticas), mediante actividades experimentales y de aplicación similares a las que enfrentarán en sus futuras profesiones.

Las principales conclusiones obtenidas del estudio son:

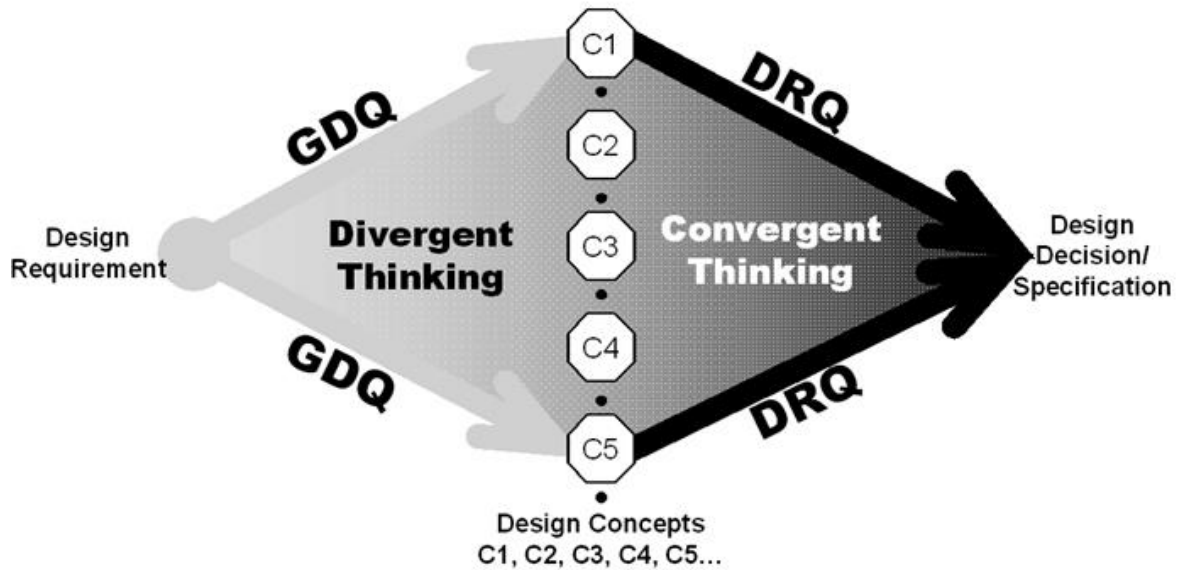
- El Design Thinking se ha demostrado que es una herramienta eficaz en la Ingeniería Industrial, promoviendo el desarrollo de competencias clave como la creatividad, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo.
- La implementación de esta metodología en el currículo académico de los estudiantes les permitió enfrentar desafíos prácticos, diseñando y evaluando soluciones innovadoras en un entorno controlado pero realista.
- El autor califica que esta metodología mejora la calidad del aprendizaje, y también prepara a los estudiantes para las demandas del mercado laboral global, alineándose con los atributos y competencias requeridas por la industria de la ingeniería.

5.2 Segunda investigación

Es de gran relevancia para la presente investigación, lo publicado por Dym & Agogino & Eris & Frey & Leifer (2013), en su investigación titulada *Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning*, interpretada al español como *Design Thinking en Ingeniería, Enseñanza y Aprendizaje*, la investigación se basa en las premisas de que el propósito de la educación en ingeniería es graduar ingenieros que puedan diseñar y que el proceso de diseño es complejo. Design Thinking se ha convertido en una herramienta crucial en la Ingeniería Industrial, ya que permite equilibrar paradigmas de pensamiento analíticos y creativos necesarios para resolver problemas complejos y crear soluciones innovadoras.

Figura 38

Diagrama del proceso de pensamiento divergente y convergente.



Fuente: Dym & Agogino & Eris & Frey & Leifer (2013)

Este proceso es fundamental en el Design Thinking, especialmente en la ingeniería y otras disciplinas creativas. Se analiza el diagrama de la manera siguiente.

A. Design Requirement (Requisito de Diseño)

Es el punto de partida del proceso de diseño, los requisitos de diseño son las necesidades y especificaciones iniciales que el proyecto debe cumplir.

B. Divergent Thinking (Pensamiento Divergente)

En esta fase, se generan múltiples conceptos de diseño (C1, C2, C3, C4, C5, etc.). El objetivo del pensamiento divergente es explorar una amplia gama de posibles soluciones sin restricciones iniciales, fomentando la creatividad y la innovación. La amplitud de la flecha en esta fase representa la expansión de ideas y alternativas. GDQ (Good Design Questions) se refiere a las preguntas de buen diseño que guían la generación de conceptos durante el pensamiento divergente, estas preguntas son abiertas y permiten explorar una amplia gama de posibilidades en el diseño del ladrillo.

C. Convergent Thinking (Pensamiento Convergente)

En esta fase, se seleccionan y refinan las ideas generadas durante el pensamiento divergente. El objetivo es reducir la cantidad de conceptos a las soluciones más viables y efectivas, para cumplir con los requisitos de diseño. La flecha se estrecha a medida que se avanza hacia una decisión de diseño o especificación final, indicando el proceso de filtrado y concentración de ideas. DRQ (Design Requirement Questions) se refiere a las preguntas de requisitos de diseño que guían la selección y refinamiento de conceptos durante el pensamiento convergente, estas ayudan a refinar el diseño, enfocándose en lo necesario para hacer un prototipo funcional.

D. Design Decision/Specification (Decisión de Diseño/Especificación)

El punto final del proceso, donde se toma una decisión de diseño basada en los conceptos refinados, mediante las iteraciones o repeticiones realizadas. La especificación de diseño final es una solución clara y detallada que cumple con los requisitos iniciales. El diagrama es una representación visual eficaz del proceso de Design Thinking en la ingeniería. Al destacar las fases de pensamiento divergente y convergente, proporciona una guía para abordar problemas de diseño de manera metodológica y creativa. La clave del éxito en este proceso es generar una variedad de ideas antes de concentrarse en las soluciones más viables y efectivas, asegurando así que se exploren todas las posibilidades antes de tomar una decisión final.

Las principales conclusiones obtenidas del estudio son:

- La herramienta Design Thinking es esencial para la educación en ingeniería industrial, proporcionando un enfoque holístico y creativo para resolver problemas complejos.
- El Design Thinking es esencial en la ingeniería industrial porque promueve un equilibrio crucial entre el pensamiento analítico y creativo. Esto permite a los ingenieros no solo resolver problemas técnicos mediante análisis detallados, sino también abordar desafíos complejos e inciertos mediante la generación de soluciones innovadoras y efectivas.

5.3 Tercera investigación

Es necesario y relevante para la presente investigación citar el trabajo de Simon, H. (1996), titulado *The Sciences of the Artificial*, traducida al español como *Las Ciencias de lo Artificial*, el autor, ganador al premio Nobel de Economía, indica que el diseño históricamente ha sido considerado ampliamente como es aspecto central o la actividad más distinguida en la Ingeniería. En su el libro ofrece varios conceptos clave que han influido en cómo los ingenieros abordan el diseño y la resolución de problemas, uno de los temas principales es la noción de la metodología Design Thinking, que conceptualiza como un proceso iterativo de resolución de problemas.

- Empático: Enfocado en entender profundamente las necesidades y restricciones de los usuarios finales.
- Iterativo: Basado en la creación de prototipos, pruebas y refinamientos continuos.
- Colaborativo: Involucrando a equipos multidisciplinarios para aportar diferentes perspectivas y habilidades.

5.4 Crítica

Después de la revisión bibliográfica se entiende que la metodología de Design Thinking es ideal para el desarrollo de prototipos en general, es por esto que se eligió esta metodología para el desarrollo del prototipo y la evaluación de diferentes opciones de ladrillos porque combina un enfoque centrado en el usuario con procesos creativos, iterativos y colaborativos que permiten una constante mejora y adaptación de las soluciones propuestas. A través del análisis de estas investigaciones, se destaca la importancia del Design Thinking como una herramienta esencial para los ingenieros industriales, permitiéndoles afrontar los retos de en todo tipo de industria y contribuir al desarrollo de un mundo mejor. Es importante resaltar que la metodología Design Thinking no es lineal; más bien, nos permite, y en algunos casos nos obliga, a repetir o saltar entre fases para refinar el diseño final

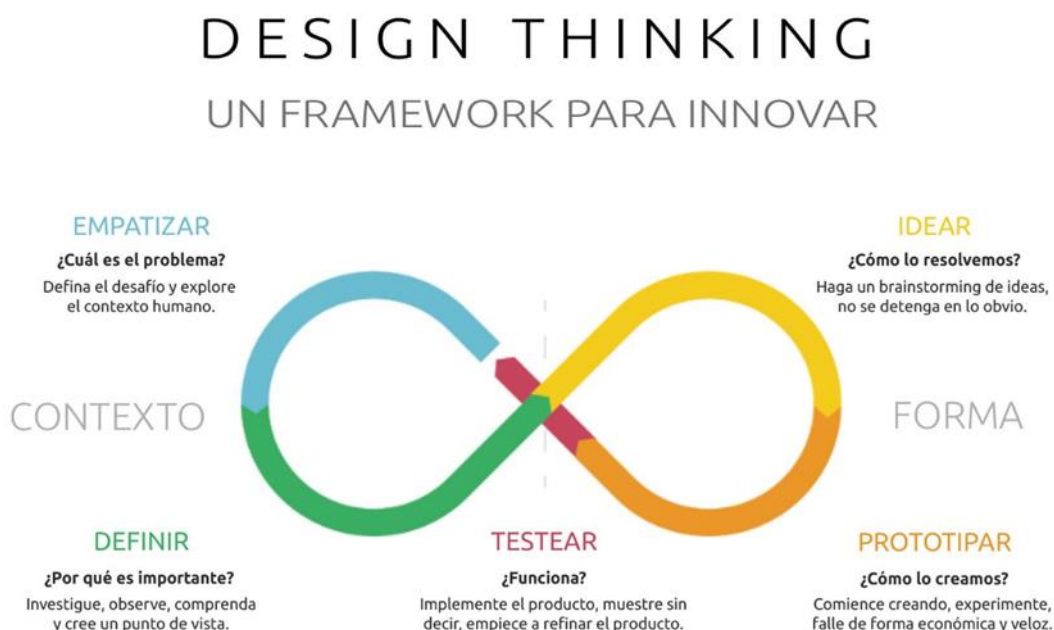
5.5 Elección de la metodología Design Thinking

El presente estudio emplea la metodología Design Thinking para diseñar un prototipo de ladrillo con mayor resistencia estructural, abordando la necesidad de mejorar su rendimiento sin aumentar los costos de producción. Esta metodología, centrada en el usuario y basada en la iteración constante, permite explorar soluciones innovadoras a través de una comprensión profunda de los desafíos y expectativas de los actores involucrados. A lo largo de sus cinco fases se generaron múltiples ideas y enfoques para optimizar el diseño del ladrillo, asegurando que las propuestas se alinearan con las necesidades del mercado y los requisitos técnicos normados en nuestro país.

Visualmente se resume las cinco fases de la metodología Design Thinking, según Intive (2021), en la infografía siguiente.

Figura 39

Infografía Design Thinking.



Fuente: Intive (2021)

La metodología Design Thinking se aplicó en el diseño del ladrillo a través de un enfoque iterativo que comienza por comprender detalladamente quiénes son los principales usuarios de los ladrillos, así como sus necesidades y los desafíos asociados al uso del producto. En la fase de empatizar, se analizaron las percepciones y expectativas de actores

clave como albañiles, ingenieros, distribuidores y fabricantes, para luego definir un usuario objetivo. Luego, en la fase de definir, se planteó el principal problema del usuario escogido. En la fase de idear, se generarán soluciones creativas mediante técnicas como la lluvia de ideas y el uso del método SCAMPER. Posteriormente, se procedió a prototipar, desarrollando varios modelos de ladrillos con características mejoradas. Finalmente, se evaluarán los prototipos mediante pruebas físicas para refinar el diseño hasta alcanzar un producto que cumpla con los requisitos técnicos y las necesidades del mercado.

5.6 Selección de muestra

Para garantizar la validez de los resultados de los ensayos, al inicio se realizó la adquisición de 100 unidades de ladrillos, la compra de estos ladrillos se realizó en un comercio local aleatorio, los ladrillos escogidos fueron los fabricados industrialmente una ladrillera local, el tipo de ladrillo escogido fue un ladrillo King Kong de altura 10cm con 17 perforaciones de manera perpendicular a su cara de asentado, posteriormente para la fase de prototipado se seleccionaron un total de 20 muestras de ladrillos para las pruebas de resistencia a la compresión. De estas, 10 muestras correspondían a ladrillos patrón sin modificaciones, mientras que las otras 10 se prepararon según el prototipo 1.3, que incluye esquinas redondeadas, finalmente se fabricaron 10 unidades del según las medidas del prototipo 2.0. Este número de muestras cumple con lo establecido por la NTP 399.613, que requiere un mínimo de 10 unidades representativas para ensayos de compresión, asegurando así la fiabilidad de los resultados obtenidos durante la investigación.

Resumiendo, la elección y fabricación de las muestras se dieron de la manera siguiente.

- Adquisición de 100 ladrillos estructurales de fabricación industrial, producidos en la ciudad de Arequipa con las principales características siguientes.
 - Modelo: King Kong
 - Medida eje X: 140 mm
 - Medida eje Y: 240 mm
 - Medida eje Z: 100 mm
 - Área de vacíos: 46 % aproximadamente con 17 perforaciones elípticas.
 - Resistencia a la compresión: mínima de 130 kg/cm².

- Fabricación de las muestras, con las características descritas en los capítulos posteriores, de la siguiente manera.
 - 10 unidades de ladrillo patrón
 - 10 unidades del ladrillo prototipo 1.3
 - 10 unidades del ladrillo prototipo 2.0

5.7 Conclusiones parciales del capítulo V

Los puntos más importantes del capítulo V son los siguientes, la metodología Design Thinking es una herramienta eficaz para abordar el desarrollo de prototipos, ya que permite a los ingenieros industriales generar soluciones innovadoras centradas en las necesidades del usuario y en la eficiencia operativa.

Las investigaciones revisadas demuestran que Design Thinking promueve un equilibrio entre el pensamiento analítico y creativo, lo que es crucial para resolver problemas complejos en el ámbito de la ingeniería industrial.

A través de las fases de pensamiento divergente y convergente, los ingenieros pueden explorar un amplio rango de soluciones antes de concentrarse en las más viables, lo que mejora significativamente el proceso de toma de decisiones y el diseño final de productos como el ladrillo.

CAPITULO VI RESULTADOS

6 Aplicación de la metodología Design Thinking

Posteriormente se inició con la aplicación directa de la metodología Design Thinking de la manera siguiente, la cual está descrita paso a paso, así como su influencia en los resultados en cada una de las fases.

6.1 Empatizar

En la primera fase se buscó observar el problema que se trata de resolver, de manera empática, se busca obtener una idea clara y precisa de como el problema mencionado afecta a los usuarios. Se resalta la importancia de este primer paso, entendiendo que es fundamental para comprender las necesidades, deseos y desafíos de los usuarios finales, así como de otros actores involucrados, para establecer una base sólida antes de comenzar a diseñar el prototipo de ladrillo. Así también se resalta la obligación del investigador de dejar de lado cualquier sesgo inconsciente o suposición que pueda tener sobre los usuarios.

En esta fase, el objetivo es comprender con mayor detalle las necesidades, desafíos y expectativas de los usuarios que interactúan con el ladrillo. La herramienta utilizada en la investigación fue el mapa de empatía.

6.1.1 Mapas de empatía

El mapa de empatía es una herramienta diseñada para definir el perfil de los usuarios, centrándose en seis aspectos que abordan los sentimientos y emociones humanas. Se construye mediante una serie de preguntas estratégicas que proporcionan una comprensión más profunda de los usuarios y su relación con producto, se consideraron características generales de identificación de los usuarios como nombres, edad, cargo. Se tomó en cuenta a una persona representativa para cada uno de los cuatro tipos de usuarios.

Los usuarios identificados y los mapas de empatía correspondientes son los siguientes:

Operario albañil

Es un usuario que trabaja directamente con los ladrillos durante la construcción de muros de albañilería. Las principales interrogantes que se realizaron al usuario fueron las siguientes.

- A. ¿Qué ve? En relación a los estímulos visuales que percibe durante su trabajo**
- a) ¿Qué aspectos físicos observa en los ladrillos que utiliza diariamente en su trabajo?
 - b) ¿Cómo percibe y evalúa visualmente calidad de los ladrillos?
 - c) ¿Qué aspectos de los ladrillos actuales encuentra más útiles para su trabajo?
 - d) ¿Cuál es la característica visual más importante del ladrillo, según su experiencia?
- B. ¿Qué escucha? En conversaciones con personas relacionadas a la construcción, así también en las influencias de diversas fuentes, como medios de comunicación.**
- a) ¿Qué comentarios o informes recibe sobre la calidad de los ladrillos por parte de sus compañeros o supervisor?
 - b) ¿Ha recibido instrucciones específicas sobre la manipulación o uso de los ladrillos por parte de su supervisor?
 - c) ¿Qué tipo de sugerencias o quejas ha escuchado sobre los ladrillos que se utilizan en la construcción?
- C. ¿Qué piensa y siente? Son las ideas generales sobre el ladrillo, todas las opiniones son válidas y relevantes.**
- a) ¿Cómo se siente al trabajar con los ladrillos actuales? (por ejemplo, frustración, satisfacción, confianza)?
 - b) ¿Qué piensa sobre cuáles son los aspectos negativos en el uso de los ladrillos actuales?
 - c) ¿Qué piensa sobre cuáles son las características más importantes en la selección de los ladrillos?

- D. ¿Qué dice y hace? Este punto se relaciona a las opiniones generales que el usuario expresa y también como el producto influye en sus labores.**
- a) ¿Qué comentarios realiza sobre la eficacia o defectos de los ladrillos durante el trabajo?
 - b) ¿Cómo se siente al manipular los ladrillos en su trabajo?
 - c) ¿Qué acciones realiza para solucionar problemas con los ladrillos en su trabajo?
- E. ¿Cuáles son sus frustraciones? Corresponde a las dudas y preocupaciones que el usuario tiene sobre el producto.**
- a) ¿Cuáles son los aspectos más problemáticos o frustrantes al trabajar con los ladrillos actuales?
 - b) ¿Qué dificultades específicas enfrenta al usar estos ladrillos en la construcción?
 - c) ¿Qué aspectos de ladrillos afectan su desempeño como operario albañil?
- F. ¿Cuáles son sus necesidades? Tiene relación con lo el usuario requiere del producto o las características que espera del producto.**
- a) ¿Qué mejoras o cambios específicos sugiere en los ladrillos para hacer su trabajo más fácil o seguro?
 - b) ¿Qué aspectos considera más importantes en la propuesta de nuevos ladrillos?
 - c) ¿Qué necesidades o requerimientos podrían ser cubiertos por ladrillos más eficientes o resistentes?
 - d) ¿Cuáles son los requerimientos técnicos o especificaciones que busca en los ladrillos para cumplir con su trabajo?
 - e) ¿En su opinión cuales son las principales características de un ladrillo ideal?

Figura 40

Mapa de empatía, operario albañil.



Elaboración propia

Ingeniero supervisor

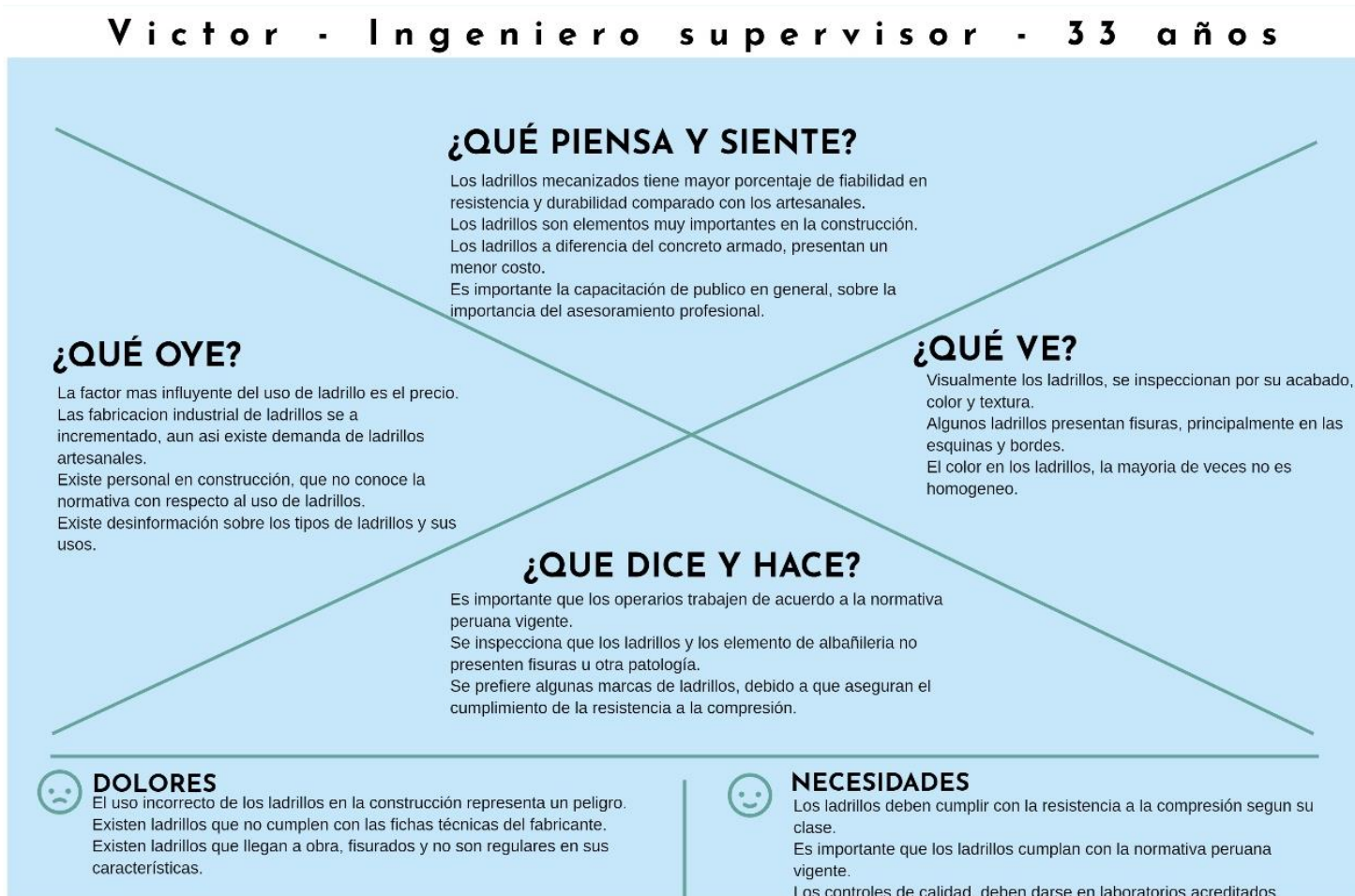
Usuarios con los conocimientos técnicos necesarios para velar por la adecuada ejecución de la obra de acuerdo con los planos del proyecto, las normas técnicas de construcción, la planificación estipulada y las especificaciones de los materiales de construcción. Las principales interrogantes que se realizaron al usuario fueron las siguientes.

- A. ¿Qué ve? En relación a los estímulos visuales que percibe durante su trabajo**
- ¿Cómo percibe y evalúa visualmente calidad de los ladrillos?
 - ¿Qué aspectos visuales inspecciona en los ladrillos?
 - ¿Cuál es la característica visual más importante del ladrillo, según tu experiencia?
- B. ¿Qué escucha? En conversaciones con personas relacionadas a la construcción, así también en las influencias de diversas fuentes, como medios de comunicación.**
- ¿Qué retroalimentación recibe de los trabajadores sobre problemas específicos con los ladrillos?
 - ¿Qué opiniones o información relevante obtiene de colegas o expertos en la industria de la construcción sobre el uso de los ladrillos?
- C. ¿Qué piensa y siente? Son las ideas generales sobre el ladrillo, todas las opiniones son válidas y relevantes.**
- ¿Cómo se siente sobre el uso de los ladrillos en la construcción?
 - ¿Cómo se siente acerca de la resistencia, durabilidad y fiabilidad de los ladrillos?
 - ¿Qué piensa sobre cuáles son las características más importantes en la selección de los ladrillos

- D. ¿Qué dice y hace? Este punto se relaciona a las opiniones generales que el usuario expresa y también como el producto influye en sus labores.**
- a) ¿Qué comentarios realiza sobre la calidad de los ladrillos durante las reuniones o inspecciones en el lugar de trabajo?
 - b) ¿Qué acciones toma para abordar problemas identificados con los ladrillos durante el proceso de construcción?
 - c) ¿Qué acciones realiza para solucionar problemas con los ladrillos en su trabajo?
- E. ¿Cuáles son sus frustraciones? Corresponde a las dudas y preocupaciones que el usuario tiene sobre el producto**
- a) ¿Cuáles son los aspectos más problemáticos o frustrantes al trabajar con los ladrillos actuales?
 - b) ¿Qué dificultades específicas enfrenta al usar estos ladrillos en la construcción?
 - c) ¿Qué impacto negativo tienen los ladrillos en los plazos, costos o calidad del proyecto?
 - d) ¿Qué aspectos de ladrillos afectan su desempeño como supervisor de proyectos
- F. ¿Cuáles son sus necesidades? Tiene relación con lo el usuario requiere del producto o las características que espera del producto**
- a) ¿Qué mejoras o cambios específicos sugiere en los ladrillos para hacer su trabajo más fácil o seguro?
 - b) ¿Qué aspectos considera más importantes en la propuesta de nuevos ladrillos?
 - c) ¿Qué necesidades o requerimientos podrían ser cubiertos por ladrillos más resistentes?
 - d) ¿Cuáles son los requerimientos técnicos o especificaciones busca en los ladrillos para cumplir con su trabajo?
 - e) ¿En su opinión cuales son las principales características de un ladrillo ideal?

Figura 41

Mapa de empatía, ingeniero supervisor.



Elaboración propia.

Proveedor de ladrillos

Usuarios que se encargan de vender y suministrar ladrillo a los proyectos de construcción. Estos usuarios son intermediarios entre la fábrica de ladrillos y las obras de construcción.

A. ¿Qué ve? En relación a los estímulos visuales que percibe durante su trabajo.

- a) ¿Cómo percibe y evalúa visualmente calidad de los ladrillos?
- b) ¿Cuál es la característica visual más importante del ladrillo, según su experiencia?
- c) ¿Qué aspectos de los ladrillos destacan como puntos fuertes o diferenciadores frente a otros?
- d) ¿Qué detalles visuales considera cruciales para mostrar la calidad de los ladrillos a los clientes?

B. ¿Qué escucha? En conversaciones con clientes o proveedores, así también en las influencias de diversas fuentes, como medios de comunicación.

- a) ¿Qué piensa y siente? Son las ideas generales sobre el ladrillo, todas las opiniones son válidas y relevantes.
- b) ¿Qué retroalimentación recibe de los clientes o sobre problemas específicos con los ladrillos?
- c) ¿Qué inquietudes o requisitos específicos escucha de los clientes al cotizar o comprar ladrillos?
- d) ¿Qué información relevante obtiene de los fabricantes o distribuidores de ladrillos sobre nuevas tendencias o mejoras en los productos?

C. ¿Qué dice y hace? Este punto se relaciona a las opiniones generales que el usuario expresa y también como el producto influye en sus labores.

- a) ¿Qué preocupaciones tiene sobre el uso de los ladrillos actuales?
- b) ¿Cómo se siente acerca de la resistencia, durabilidad y fiabilidad de los ladrillos?

- c) ¿Qué aspectos considera son los más importantes para la selección de los ladrillos?
- d) ¿Qué opiniones tiene sobre la resistencia estructural de los ladrillos disponibles actualmente en el mercado?
- e) ¿Qué considera esencial para mantener la competitividad en la venta de ladrillos en términos de resistencia y calidad?

D. ¿Cuáles son sus frustraciones? Corresponde a las dudas y preocupaciones que el usuario tiene sobre el producto

- a) ¿Cuáles son los aspectos más problemáticos o frustrantes en la venta de ladrillos?
- b) ¿Qué aspectos de ladrillos afectan su desempeño como proveedor o vendedor de ladrillos?
- c) ¿Qué obstáculos enfrenta al tratar de ofrecer ladrillos más resistentes a un precio competitivo?
- d) ¿Qué dificultades encuentra al intentar satisfacer las demandas de los clientes en términos de resistencia y costos?

E. ¿Cuáles son sus necesidades? Tiene relación con lo el usuario requiere del producto o las características que espera del producto

- a) ¿Qué mejoras o cambios específicos sugiere en los ladrillos para incrementar sus ventas?
- b) ¿Qué aspectos considera más importantes en la propuesta de nuevos ladrillos?
- c) ¿Cuáles son los requerimientos técnicos o especificaciones que busca en los ladrillos?
- d) ¿Qué características o propiedades considera esenciales para mantener la preferencia de los clientes en la venta de ladrillos?

Figura 42

Mapa de empatía, proveedor de ladrillo.



Elaboración propia.

Fabricante de ladrillo

Usuarios que manufacturan el ladrillo, están interesados en ladrillos que puedan ser producidos eficientemente y que utilicen materias primas accesibles y económicas.

- A. ¿Qué ve? En relación a los estímulos visuales que percibe durante su trabajo**
- ¿Cómo percibe y evalúa visualmente calidad de los ladrillos?
 - ¿Cuál es la característica más importante del ladrillo, según su experiencia?
 - ¿Qué aspectos de los ladrillos destacan como puntos fuertes o diferenciadores frente a otros?
 - ¿Qué detalles visuales considera cruciales para mostrar la calidad de los ladrillos a los clientes?
 - ¿Cuál cree que es la mayor fortaleza visual los ladrillos?
- B. ¿Qué escucha? En conversaciones con personas relacionadas a la construcción, así también en las influencias de diversas fuentes, como medios de comunicación.**
- ¿Qué retroalimentación recibe de los clientes o sobre problemas específicos con los ladrillos?
 - ¿Qué inquietudes o requisitos específicos escucha de los clientes sobre los ladrillos?
 - ¿Qué información relevante escucha sobre las necesidades del mercado o tendencias en la industria de la construcción?
- C. ¿Qué piensa y siente? Son las ideas generales sobre el ladrillo, todas las opiniones son válidas y relevantes.**
- ¿Qué preocupaciones tiene sobre el uso de los ladrillos actuales?
 - ¿Cómo se siente acerca de la resistencia, durabilidad y fiabilidad de los ladrillos?
 - ¿Qué aspectos considera son los más importantes para la selección de los ladrillos?

- d) ¿Qué opiniones tiene sobre la resistencia estructural de los ladrillos disponibles actualmente en el mercado?
- e) ¿Qué considera esencial para mantener la competitividad en la venta de ladrillos en términos de resistencia y calidad?

D. ¿Qué dice y hace? Este punto se relaciona a las opiniones generales que el usuario expresa y también como el producto influye en sus labores.

- a) ¿Qué comentarios realiza sobre la calidad de los ladrillos durante la venta o compra de los ladrillos?
- b) ¿Cómo comunica las características y ventajas de los ladrillos a sus clientes potenciales?
- c) ¿Qué acciones toma para mejorar la resistencia de los ladrillos durante el proceso de producción?

E. ¿Cuáles son sus frustraciones? Corresponde a las dudas y preocupaciones que el usuario tiene sobre el producto

- a) ¿Qué dificultades enfrenta al intentar mejorar la resistencia de los ladrillos sin aumentar los costos de producción?
- b) ¿Cuáles son los aspectos más problemáticos o frustrantes en la fabricación de ladrillos?
- c) ¿Qué aspectos de ladrillos afectan su desempeño como fabricante de ladrillos?
- d) ¿Qué obstáculos enfrenta al tratar de ofrecer ladrillos más resistentes a un precio competitivo?
- e) ¿Qué dificultades encuentra al intentar satisfacer las demandas de los clientes en términos de resistencia y costos?

F. ¿Cuáles son sus necesidades? Tiene relación con lo el usuario requiere del producto o las características que espera del producto

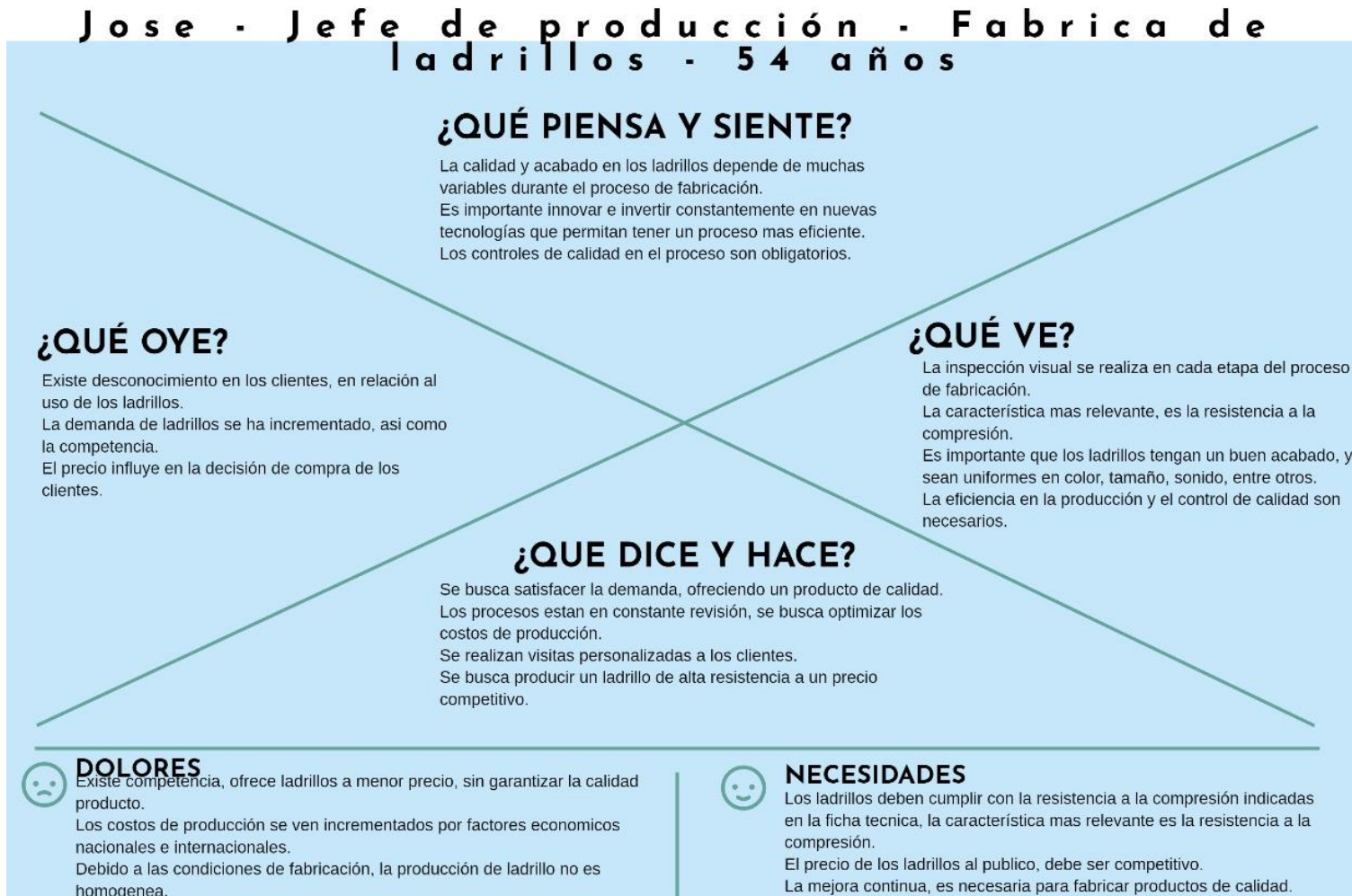
- a) ¿Qué mejoras o cambios específicos sugiere en los ladrillos para incrementar sus ventas?

- b) ¿Qué aspectos considera más importantes en la propuesta de nuevos ladrillos?
- c) ¿Cuáles son los requerimientos técnicos o especificaciones que busca en los ladrillos?
- d) ¿Qué características o propiedades considera esenciales para mantener la competitividad?



Figura 43

Mapa de empatía, jefe de producción.



Elaboración propia.

6.1.2 Conclusiones del mapa de empatía

- Todos los usuarios coinciden en la importancia visual del buen acabado del ladrillo, así como la preocupación por la presencia de fisuras o daños, principalmente en los bordes y las esquinas.
- La percepción inicial de calidad en los ladrillos es el acabado, integridad de ladrillo y sonido metálico.
- La característica y preocupación más importante en los ladrillos, es que cumpla con la resistencia a la compresión que indica en la ficha técnica.
- Un factor importante en la elección de los ladrillos, es el precio.
- Se tiene la percepción de que personal de construcción y público en general desconoce el uso correcto de diferentes tipos de ladrillo, principalmente en la autoconstrucción.

6.1.3 Definición del usuario objetivo

Esta herramienta ayudó a definir un usuario representativo que converge las características generales y específicas de los usuarios estudiados en el mapa de empatía. El usuario objetivo es el principal actor al cual la investigación pretende proponer el prototipo del ladrillo como una solución.

Se escoge al fabricante de ladrillos como usuario clave en esta investigación, ya que su experiencia, conocimientos técnicos y capacidad para implementar cambios son fundamentales para el éxito en el desarrollo de un nuevo prototipo de ladrillo con mayor resistencia estructural, manteniendo los costos controlados. Las necesidades generales del usuario objetivo son las siguientes.

- Su principal objetivo es lograr una resistencia adecuada en su proceso de producción.
- La resistencia a la compresión de los ladrillos junto con el precio son los principales factores para poder competir con otros fabricantes.
- Es fundamental que sus productos cumplan con la normativa peruana actual, ya que se dirigen principalmente a las ventas en obras públicas, las cuales representan la parte más significativa de su mercado.

- Tiene la responsabilidad social de ofrecer un producto de calidad.
- Es fundamental mejorar la resistencia a la compresión, al mismo tiempo que se busca mantener los precios de producción de los ladrillos
- Los proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación tecnológica (I+D+i) otorgan beneficios tributarios en Perú. Por ello, es fundamental fomentar la innovación y colaborar con entidades académicas como las universidades. El monto máximo deducible anual por contribuyente es de 500 UIT, lo cual representa más de 2.4 millones de soles.

6.2 Definir

La declaración del problema facilita delimitar el problema de una manera que proporcione un contexto relevante y de una manera sencilla de entender. El objetivo principal de una declaración del problema es guiar al diseñador o investigador que trabajan en posibles soluciones para el problema. La declaración del problema enmarca el problema de una manera que resalte la diferencia entre el estado actual del producto y el objetivo final.

La manera más adecuada de definir y delinear de manera correcta un problema, es crear conclusiones o declaraciones del problema centradas usuario objetivo.

En esta fase se buscó encontrar las causas del problema para poder eliminar problemas menores, se dio más prioridad a la información más importante, obtenida del usuario objetivo.

6.2.1 Declaración del problema

Habiendo analizado con empatía las necesidades de los usuarios del ladrillo y definido los requerimientos usuario objetivo, en el presente caso, el fabricante de ladrillos, se realizó la declaración de manera específica del problema.

- ✓ Aumentar la resistencia estructural en los ladrillos sin incrementar los costos de producción y sin cambiar las características normadas del ladrillo.

Teniendo claro la declaración del problema se profundizó el análisis del problema real, sus causas y efectos, para evaluar la relevancia del problema y posteriormente proponer

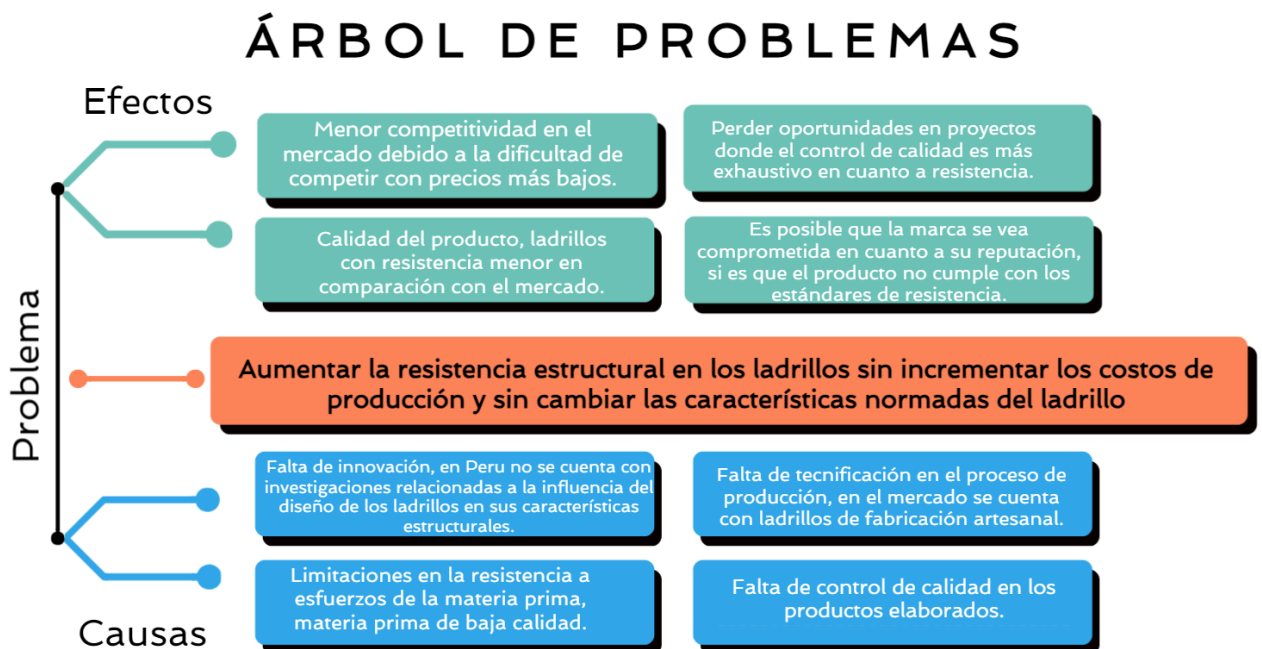
un prototipo adecuado que solucione el problema. La herramienta utilizada en esta fase de la metodología es el árbol de problemas.

A. Árbol de problemas

Esta herramienta es de gran importancia en la metodología Design Thinking, especialmente en la fase de Definir ya que permite entender y representar de manera gráfica un problema, causas y consecuencias.

Figura 44

Árbol de problemas.



Fuente: Elaboración propia.

6.3 Idear

En esta etapa de la metodología se buscó idear soluciones potenciales con el objetivo de dar posibles soluciones al problema decretado en la fase anterior. Se procedió a generar ideas creativas para mejorar la resistencia del ladrillo. Es importante resaltar el uso de la creatividad y generar múltiples conceptos para explorar soluciones innovadoras. La herramienta adecuada para esta fase es la lluvia de ideas o *brainstorming*.

6.3.1 Lluvia de ideas

El método conocido como lluvia de ideas es una técnica no estructurada destinada a cualquier área de trabajo así también como para cualquier proceso, se encuentra orientada a encontrar respuestas a distintos escenarios a través de la generación de ideas espontáneas y de enfoque amplio.

De esta manera se eligió el método SCAMPER para como herramienta adecuada en la lluvia de ideas, el método SCAMPER fue ideado por Bob Eberlee en el año 1971. Para ello, se basa en el trabajo de Alex Osborne llevado a cabo en 1953 en torno a la lluvia de ideas, del que fue creador. SCAMPER se define como una herramienta para generar ideas para un determinado reto. SCAMPER es el acrónimo de los conceptos de Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Propósito, Eliminar y Reorganizar o revertir. Teniendo claro el problema que se quiere solucionar se procedió a aplicar la herramienta SCAMPER de la manera siguiente.

A. Sustituir

- a) Interrogantes: ¿Se pueden reemplazar los materiales del ladrillo con otros que sean más resistentes, pero manteniendo o reduciendo los costos? ¿Existen opciones más económicas y duraderas en cuanto la composición del ladrillo?
- b) Posibles soluciones
 - Evaluar los materiales actuales de los ladrillos y considerar alternativas más resistentes, pero igualmente económicas.
 - Investigar el las propiedades físicas de la arcilla y arena de otras canteras.
 - Investigar el cambio de las dosificaciones de los materiales usados en la mezcla para preparar los ladrillos, arcilla, arena y agua.

B. Combinar

- a) Interrogantes: ¿Qué se puede combinar? ¿Cómo podrían combinarse diferentes materiales o técnicas de fabricación para mejorar la resistencia sin incrementar los costos? ¿Existen combinaciones que aumenten la durabilidad del ladrillo?
- b) Posibles soluciones
- Considerar la fusión de diferentes materiales o técnicas de fabricación para fortalecer el ladrillo.
 - Investigar mezclas con otros materiales como fibras naturales o materiales reciclados.
 - Investigar la combinación de la mezcla de arcilla otros materiales más económicos como materiales reciclados como residuos de construcción o residuos cerámicos triturados o aditivos.

C. Adaptar

- a) Interrogantes: ¿Qué se puede adaptar? ¿Existen métodos de fabricación alternativos que puedan adaptarse para mejorar la resistencia del ladrillo sin aumentar los costos? ¿Se pueden ajustar los procesos actuales para obtener un resultado más resistente?
- b) Posibles soluciones
- Modificar los procesos de producción existentes para fortalecer el ladrillo sin incrementar los costos.
 - Se puede adaptar técnicas de elaboración, por ejemplo, en la industria de prefabricados de concreto, como por ejemplo el prensado en la elaboración de adoquines
 - Utilizar múltiples métodos de compactación en capas para mejorar la cohesión del material.
 - Se puede adaptar los diferentes procesos como el secado o cocción para lograr la máxima resistencia del material.

- Emplear técnicas alternativas de secado más eficientes que puedan mejorar la resistencia sin incrementar los costos.

D. Modificar

- Interrogantes: ¿Qué se puede modificar? ¿Qué aspectos específicos del diseño del ladrillo podrían modificarse para hacerlo más resistente sin elevar los costos? ¿Se puede alterar la geometría o la disposición interna para mejorar su fuerza?
- Posibles soluciones
 - Explorar cambios en la forma, el diseño o la composición del ladrillo para mejorar su resistencia.
 - Rediseñar la geometría del ladrillo, cambiar las esquinas perpendiculares de los ladrillos por esquinas redondeadas.
 - Rediseñar la geometría del ladrillo, cambiar los bordes perpendiculares de los ladrillos por bordes redondeados.
 - Rediseñar la geometría del ladrillo, cambiar la distribución y forma de las perforaciones en el ladrillo.

E. Propósito

- Interrogantes: ¿Podría dar un uso diferente al producto, o utilizarlo en otra industria? ¿Existen usos alternativos de ciertos materiales que podrían ser beneficiosos?
- Posibles soluciones
 - Considerar aplicaciones alternativas de materiales o métodos de producción.
 - Los materiales sobrantes o desechos de la producción de los ladrillos, se pueden reutilizar
 - Los ladrillos se pueden usar en otra industrial aparte de la construcción
 - Se le puede dar un valor añadido a los productos derivados de la arcilla

F. Eliminar o minimizar

- a) Interrogantes: ¿Qué se puede eliminar o simplificar? ¿Hay elementos o procesos en la fabricación del ladrillo que puedan eliminarse sin afectar su resistencia? ¿Se pueden simplificar procesos para reducir costos y mejorar la calidad?
- b) Posibles soluciones
- Identificar componentes innecesarios o procesos superfluos que puedan simplificar la fabricación del ladrillo.
 - Se puede eliminar algún elemento en la mezcla de arcilla
 - Investigar el proceso de producción para eliminar procesos que conllevan costos en la fabricación
 - Eliminar el uso de aditivos costosos que no mejoren significativamente la resistencia del ladrillo.
 - Identificar y suprimir etapas del proceso de fabricación que no aporten a la resistencia final del ladrillo sin aumentar los costos.

G. Reorganizar o revertir

- a) Interrogantes: ¿Qué pasaría si se invirtiera el proceso de producción del producto? ¿Qué se puede cambiar o darle la vuelta? ¿Se puede reorganizar la secuencia de procesos o la disposición de elementos para fortalecer el ladrillo sin aumentar los costos? ¿Cómo se podría reestructurar el proceso de fabricación para obtener un resultado más resistente?
- b) Posibles soluciones
- Se puede reestructurar la secuencia de procesos para fortalecer el ladrillo sin costos adicionales.
 - Cambiar la secuencia de etapas en la producción para lograr una mejor compactación del ladrillo sin generar costos adicionales.

- Modificar la disposición de los componentes en el molde para mejorar la estructura interna del ladrillo sin aumentar los costos de fabricación.

6.3.2 Conclusiones método SCAMPER

La herramienta utilizada en esta investigación y en esta etapa específica de generación de ideas promueven el estímulo de la creatividad para encontrar soluciones prácticas y viables destinadas a abordar el desafío relacionado con la formulación y la comunicación de los requisitos en el entorno actual de las pequeñas empresas. Las soluciones están de acuerdo con las fases de empatizar y definir.

El rediseño de la geometría se considera la solución más innovadora y poco explorada, dentro del proceso de ideación para abordar el desafío de aumentar la resistencia del ladrillo sin incrementar los costos.

El rediseño de la geometría del ladrillo representa una idea prometedora y distintiva, ya que implica modificar la estructura interna o externa del ladrillo para mejorar su resistencia sin necesariamente aumentar los costos de producción. Esta solución innovadora implica ajustar la disposición de las perforaciones, el grosor o la forma del ladrillo. Esta conclusión resalta la importancia de explorar en profundidad esta vía de solución poco explorada en la literatura existente, lo que sugiere un campo interesante y poco explorado en la investigación sobre la resistencia de los ladrillos. El rediseño geométrico podría representar un enfoque innovador y potencialmente efectivo para mejorar la resistencia estructural de los ladrillos sin generar costos adicionales en su producción, marcando así un área de estudio con posibilidades de generar resultados novedosos y valiosos en el campo de la construcción y la ingeniería.

6.4 Prototipar – Iteración N°1

La fase de prototipado en el marco del Design Thinking se centra en la creación y prueba de soluciones para el problema identificado. Durante esta etapa, se construyen modelos o prototipos que representan las ideas generadas previamente.

Contar con diversas versiones del prototipo ofrece al diseñador la oportunidad de probar la solución y realizar mejoras.

Es importante señalar que el proceso de Design Thinking es iterativo, lo que significa que estas fases no son lineales y pueden repetirse varias veces para refinarse y mejorar el diseño del ladrillo para lograr una mayor resistencia. Cada fase contribuye al entendimiento profundo del problema y a la generación de soluciones innovadoras que satisfagan las necesidades identificadas.

6.4.1 Prototipo N.º 1

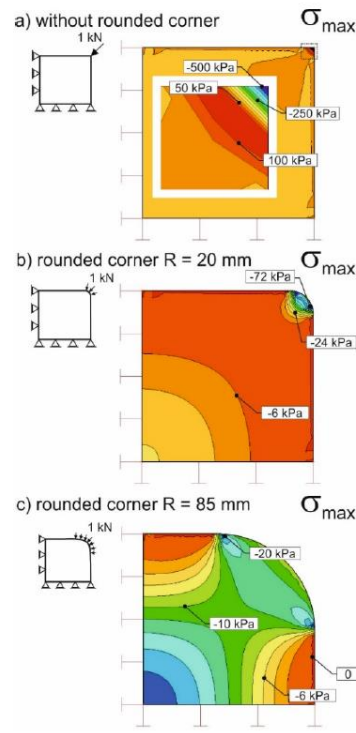
En el primer prototipo habiendo identificado el problema, *aumentar la resistencia estructural en los ladrillos sin incrementar los costos de producción y sin cambiar las características normadas del ladrillo* y sus posibles soluciones en las etapas anteriores de la metodología Design Thinking, se propuso cambiar las esquinas perpendiculares de los ladrillos por esquinas redondeadas.

A. Base teórica del prototipo con esquinas redondeadas

La introducción de las esquinas redondeadas en un ladrillo es una característica novedosa e innovadora, todos los ladrillos en el mercado el Perú cuentan con esquinas perpendiculares. La idea de las esquinas boleadas surge de la revisión de investigaciones de bordes redondeados como la de Maroušková (2017, p. 34 - 39) de la Universidad Técnica de Praga donde después de realizar un análisis de elementos finitos en el software ABAQUS y posteriormente pruebas destructivas, así como un análisis visual de las fallas de las roturas concluye que el uso de esquinas redondeadas en columnas de albañilería mejora la capacidad de carga, esto principalmente porque la curvatura de las esquinas, transmiten mejor las cargas de compresión y tensión, reduciendo las fuerzas en los puntos más débiles y llevando las cargas al medio de la unidad de albañilería.

Figura 45

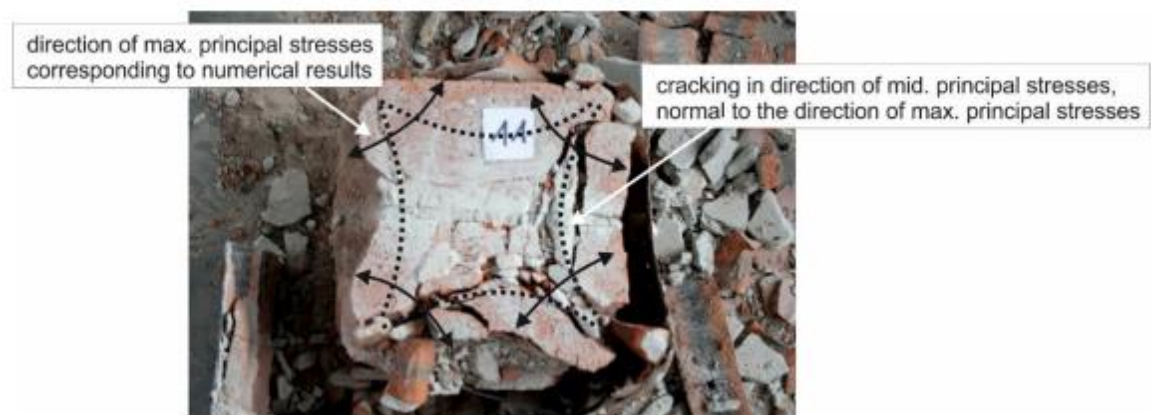
Principales cargas en elementos con diferentes radios en los bordes.



Fuente: Maroušková (2017, p. 34 - 39)

Figura 46

Fallas en la prueba destructiva de una columna de albañilería



Fuente: Maroušková (2017, p. 34 - 39)

Asimismo, se considera también el estudio de Memari & Kremer & Behr (2006, p. 129 – 150), respaldado por la patente obtenida por los mismos autores en 2013 donde concluyen y obtienen la patente de paneles de vidrio con esquinas redondeadas, las cuales

aumentan la capacidad estructural el vidrio, reduciendo así los daños de los elementos ante un posible evento sísmico. Los paneles de vidrio arquitectónico fabricados adecuadamente con esquinas redondeadas ofrecen una prometedora opción de diseño que puede resistir el daño del vidrio debido a los movimientos sísmicos en las aplicaciones de modernización de edificios y la construcción de nuevos edificios. Mejorar la resistencia al agrietamiento del vidrio es particularmente importante para los paneles de vidrio arquitectónico de mayor valor agregado, como las unidades de vidrio aislante y las unidades de vidrio laminado con recubrimientos especializados.

Figura 47

Comparación de paneles de vidrio de esquinas rectas y de esquinas redondeadas.

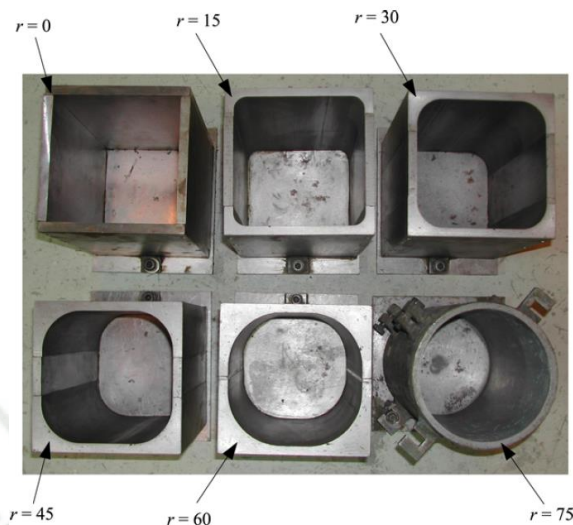


Fuente: Memari & Kremer & Behr (2006, p. 129 – 150)

Por último, el trabajo de Wang & Wu (2008, p.493 – 505), donde evalúa con ensayos destructivos muestras con distintos radios en los bordes, concluyendo que la resistencia del concreto reforzado tiene una proporción directa la relación del radio de las bordes. Otra conclusión importante es cuanto mayor es el radio de la esquina, más se acerca la sección a la sección circular, más uniforme es la deformación de expansión lateral del concreto y más efectiva es la restricción lateral. Así también cuanto mayor es el radio de la esquina, mayor es la pendiente y la rigidez del espécimen en la etapa de fortalecimiento; los puntos máximos y los puntos últimos en las curvas son más hacia atrás; más fuertes son los valores de capacidad de carga última y capacidad de deformación de los especímenes.

Figura 48

Moldes para ensayos de compresión, con diferentes radios en los bordes.



Fuente: Wang & Wu (2008, p.493 – 505)

Teniendo estas tres referencias donde se indican que los bordes redondeados pueden ser una solución eficiente y también pueden optimizar el desempeño de elementos usados en la construcción, esto porque pueden ayudar a distribuir mejor las tensiones y evitar la concentración de tensiones en las esquinas, lo que aumenta la resistencia de la estructura y reduce el riesgo de grietas o fracturas, es que se propone el uso de las esquinas redondeadas, en los ladrillos, principalmente con el objetivo de que estas puedan distribuir mejor las cargas de flexión y compresión en los diferentes ejes de la unidad de albañilería, mejorando su resistencia estructural.

6.4.2 Diseño del prototipo N°1

A. Propuesta del Prototipo N°1

Se entiende que el radio de los bordes tiene una proporción directa en la resistencia en otros materiales, es por esto que se propone la adición de las esquinas redondeadas en los ladrillos, los radios propuestos en las ocho esquinas son los siguientes.

- a) Prototipo 1.1 – Radio 25.00 mm, la elección de este radio está dado por la proporción del 25% de la altura del ladrillo.

- b) Prototipo 1.2 – Radio 20.00 mm, la elección de este radio está dado por la proporción del 20% de la altura del ladrillo.
- c) Prototipo 1.3 – Radio 16.67 mm, la elección de este radio está dado por la proporción del 16,67% de la altura del ladrillo.
- d) Prototipo 1.4 – Radio 12.50 mm, la elección de este radio está dado por la proporción del 12,50% de la altura del ladrillo.
- e) Prototipo 1.5 – Radio 10.00 mm, la elección de este radio está dado por la proporción del 10% de la altura del ladrillo.

B. Método de elementos finitos

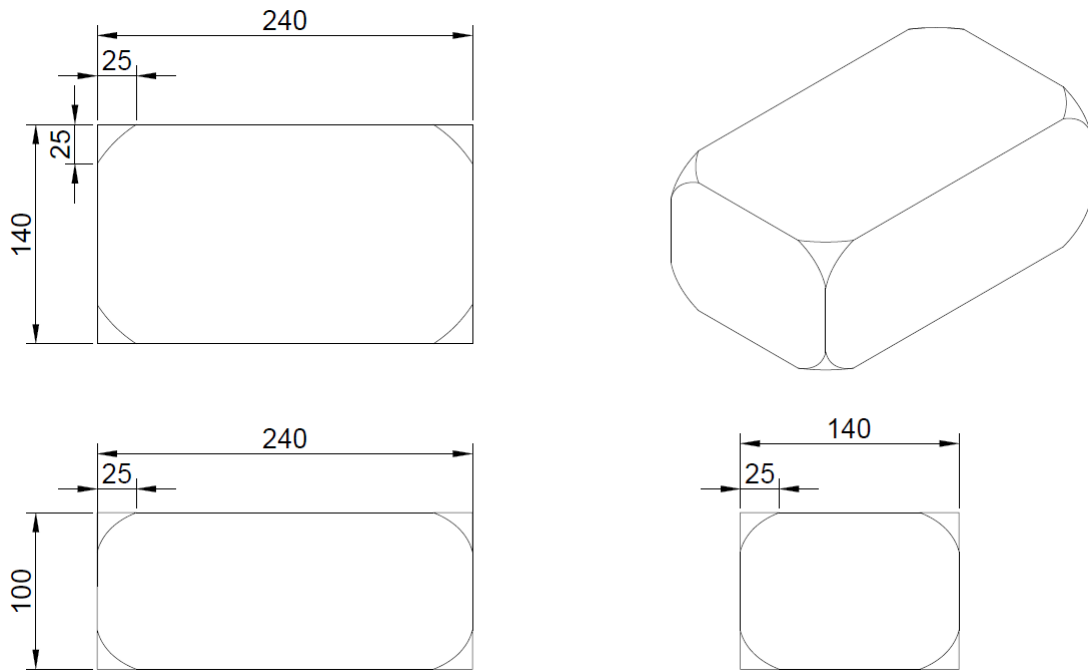
El método de elementos finitos (MEF) es una herramienta valiosa para evaluar y comparar diferentes prototipos de ladrillos, especialmente cuando se desean analizar aspectos como su resistencia estructural, durabilidad y comportamiento frente a cargas y condiciones de uso específicas. Para el modelado mediante el método de elementos finitos se eligió el programa ABAQUS, un software reconocido para este tipo de análisis. Esta herramienta es ampliamente utilizada por su capacidad para evaluar el comportamiento mecánico de los ladrillos, incluyendo su resistencia a la compresión, flexión, cizallamiento y otros tipos de carga.

C. Modelado geométrico

El modelado geométrico de cada radio del prototipo inicial se realizó en el software AutoCAD, el cual es la herramienta adecuada para modelar geometría 2D y modelos 3D, debido a sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios, maquinaria, entre otros, o la recreación de imágenes en 3D a partir de dibujos 3D. Los prototipos modelados fueron los siguientes.

Figura 49

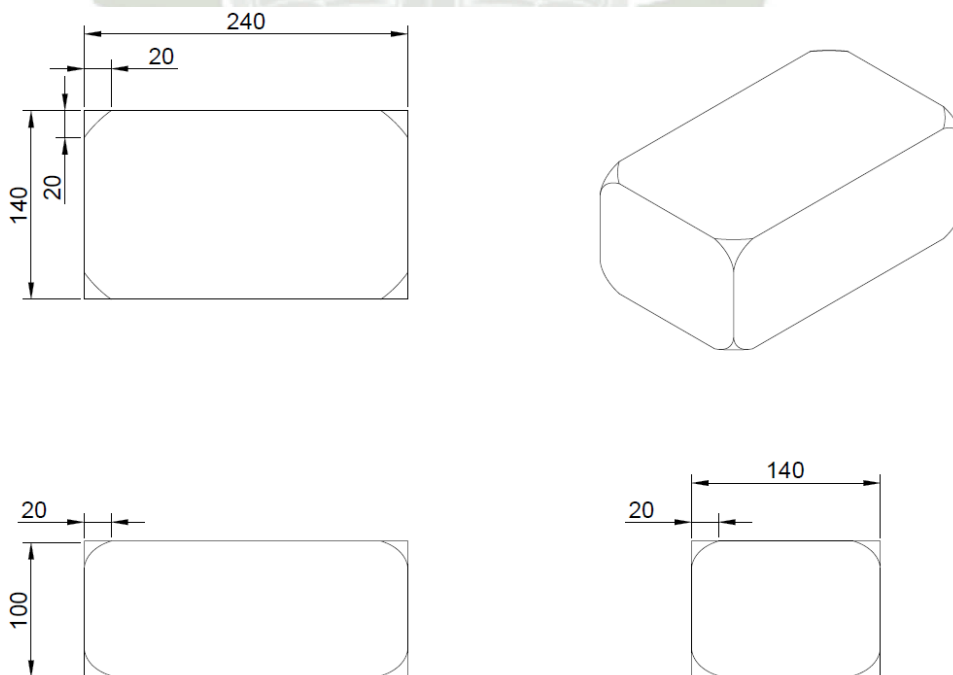
Diseño en AUTOCAD del prototipo 1.1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 50

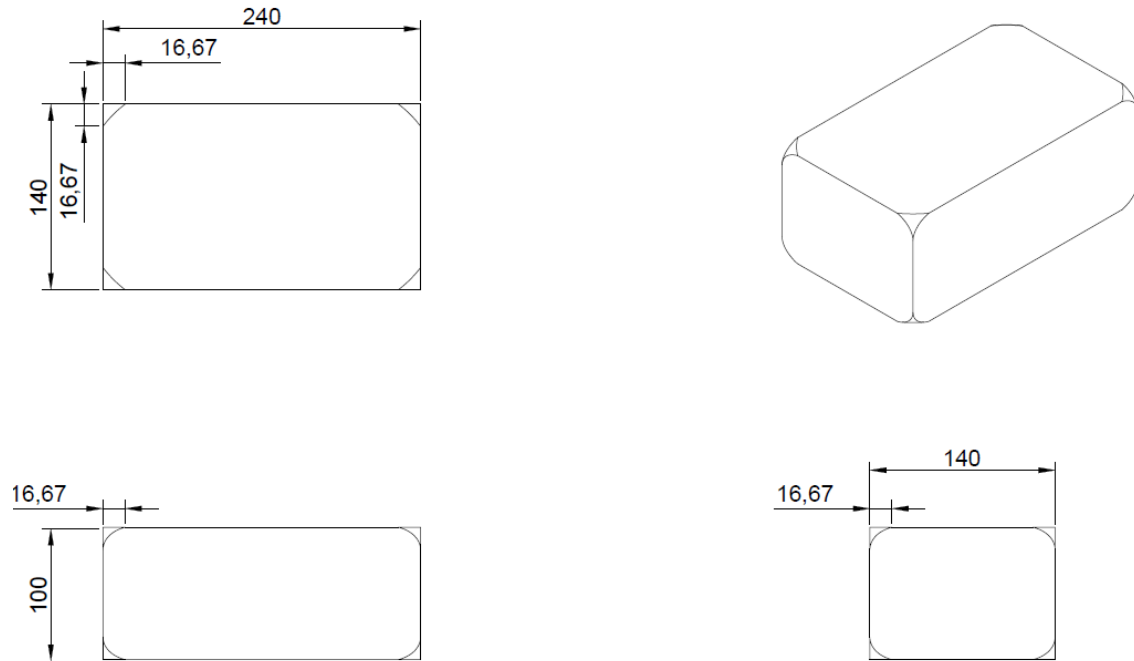
Diseño en AUTOCAD del prototipo 1.2.



Fuente: Elaboración propia

Figura 51

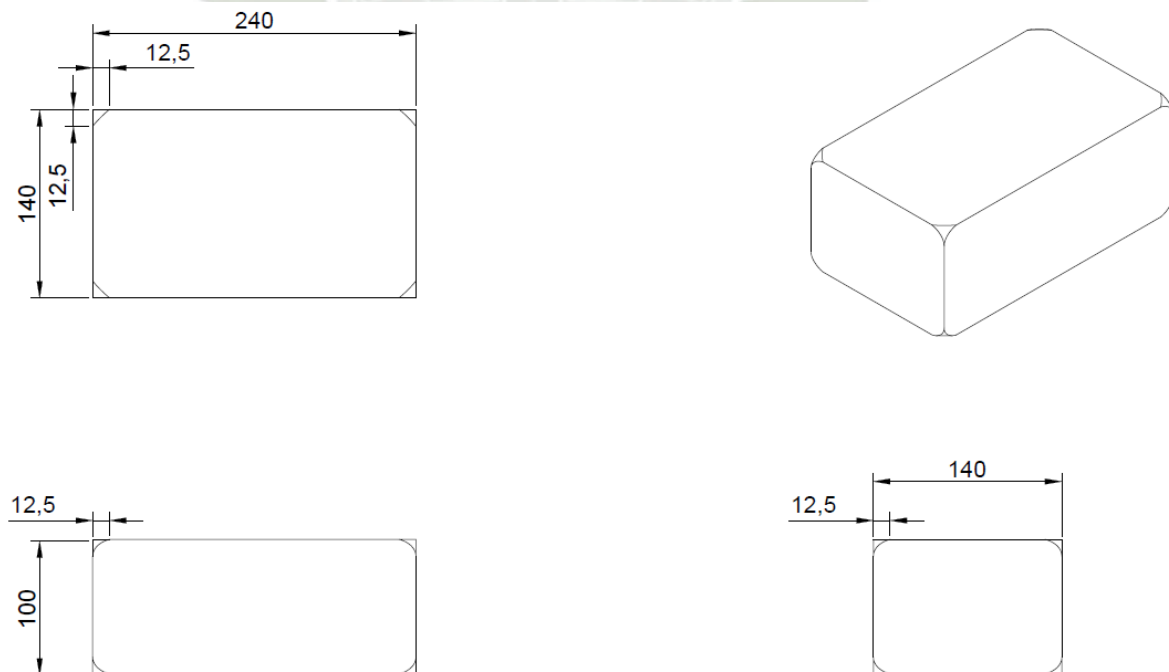
Diseño en AUTOCAD del prototipo 1.3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 52

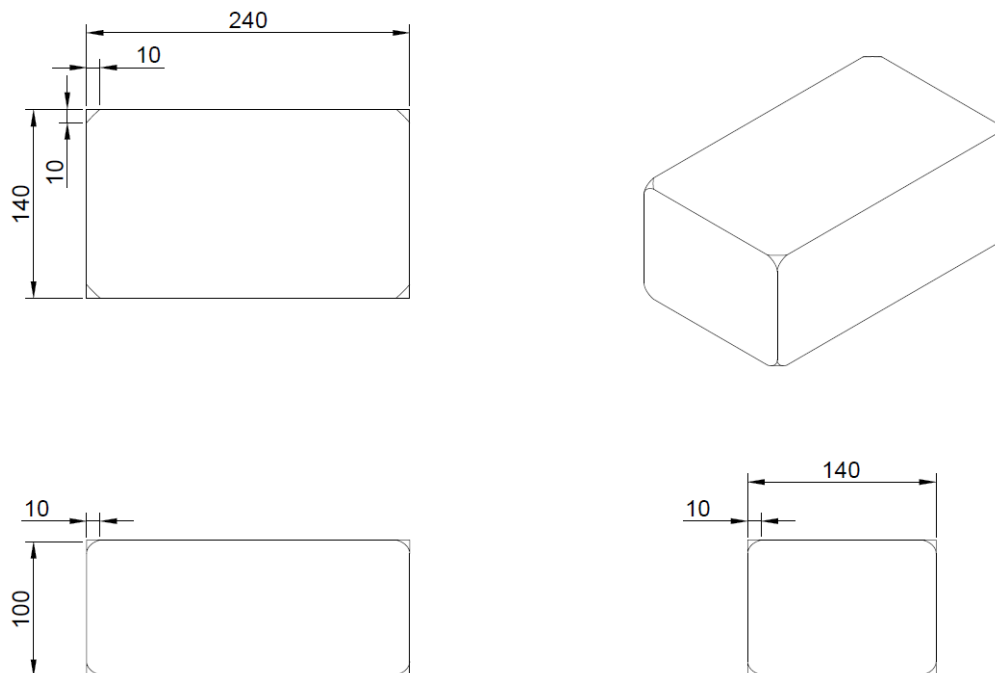
Diseño en AUTOCAD del prototipo 1.4.



Fuente: Elaboración propia

Figura 53

Diseño en AUTOCAD del prototipo 1.5.



Fuente: Elaboración propia

D. Ciencias de los materiales

Para evaluar los prototipos de manera más confiable con las herramientas que se dispone, se debe asignar en ABAQUS, las propiedades del material, en este caso arcilla calcinada a los elementos que representan los prototipos de ladrillos. Estas propiedades incluyen módulos de elasticidad, coeficientes de Poisson y otros valores relacionados con el comportamiento del material.

Revisando a Komurcu & Gedikli (2019, p.119) a nivel de micro análisis en el modelamiento del ladrillo de arcilla calcinada, se tomó los datos siguientes de su investigación para colocarlos en el software ABAQUS.

- Módulo de elasticidad: 16700 MPa
- Módulo de Poisson: 0.15
- Resistencia a la tracción: 2 MPa

E. Análisis elástico

Mediante el software ABAQUS se procedió a simular un ensayo de resistencia a la compresión a los diferentes modelos de los prototipos, este ensayo consiste en un desplazamiento vertical por una carga uniaxial en un determinado tiempo. Los principales parámetros utilizados en los modelos fueron un tiempo de carga de 10 segundos, y una carga uniaxial sobre el eje Z de 5 MPa. El objetivo de esta simulación fue realizar un análisis elástico de cada modelo, para evaluar el funcionamiento de los radios propuestos en cada modelo del ladrillo.

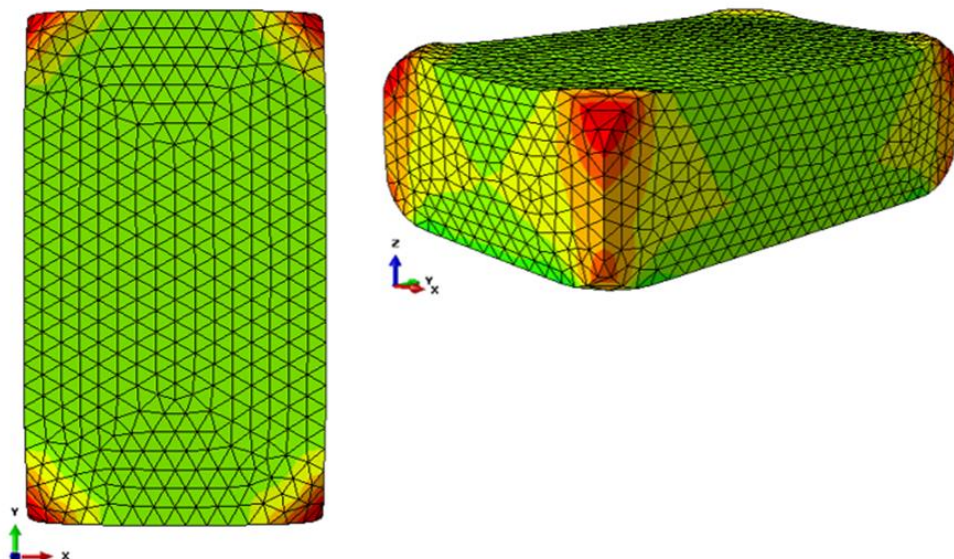
La discretización se realizó dividiendo cada modelo del prototipo en elementos finitos, para el caso de los modelos se realizó la división mediante tetraedros, y se crearon más de 45000 elementos por cada modelo.

F. Resultados gráficos del análisis realizado en ABAQUS

a) Prototipo 1.1 con radio 25.00 mm

Figura 54

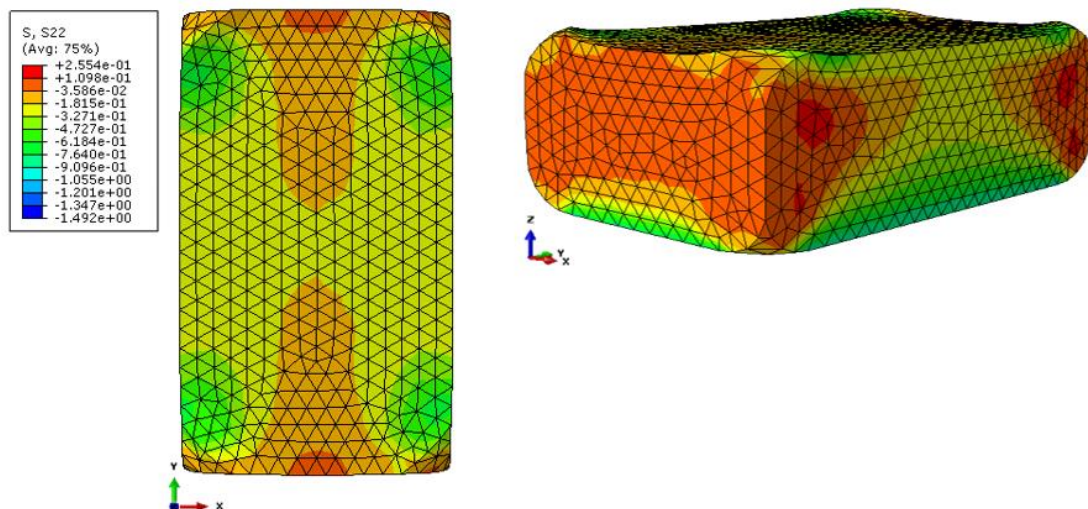
Gráfico de los esfuerzos en el eje Z, vista superior e isométrica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 55

Gráfico de los esfuerzos en el eje Y, vista superior e isométrica.

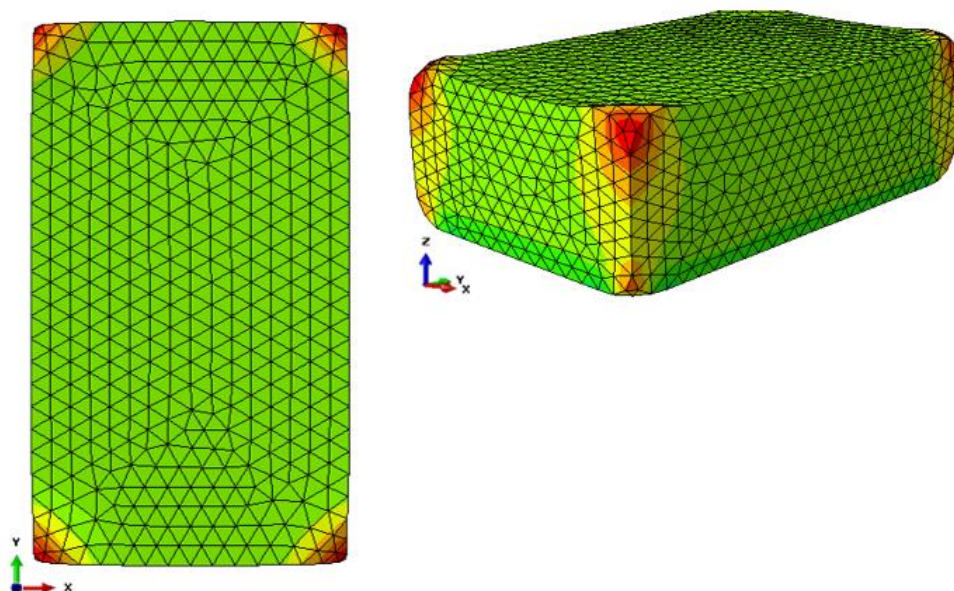


Fuente: Elaboración propia

b) Prototipo 1.2 con radio 20.00 mm

Figura 56

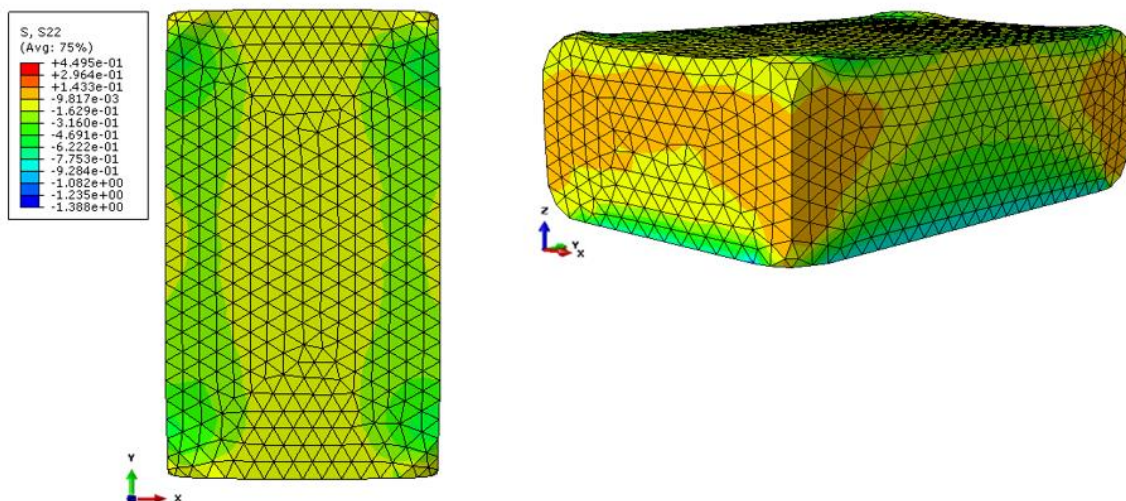
Gráfico de los esfuerzos en el eje Z, vista superior e isométrica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 57

Gráfico de los esfuerzos en el eje Y, vista superior e isométrica.

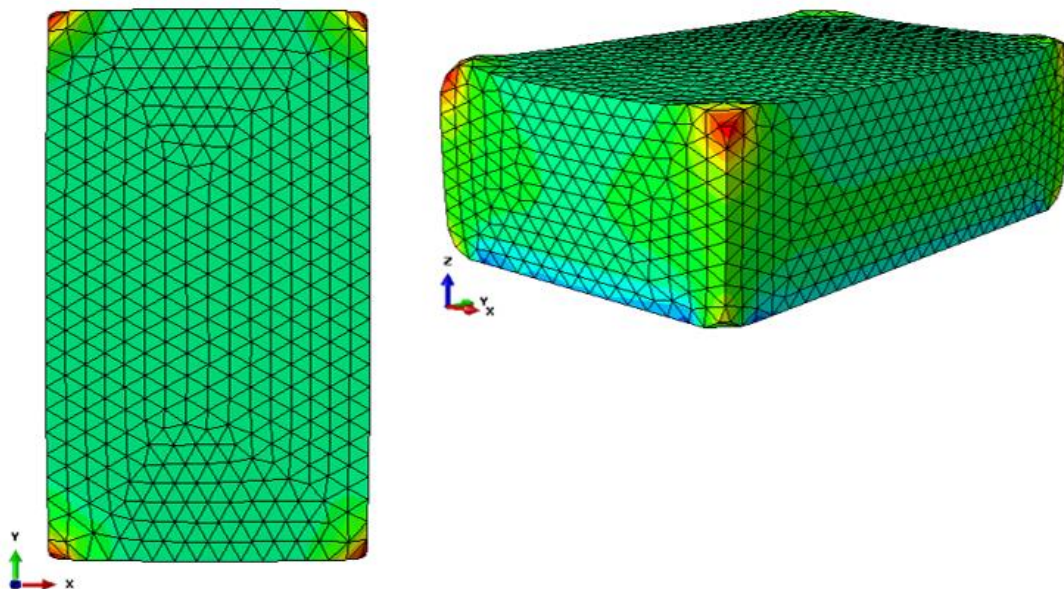


Fuente: Elaboración propia

c) **Prototipo 1.3 con radio 16.67 mm**

Figura 58

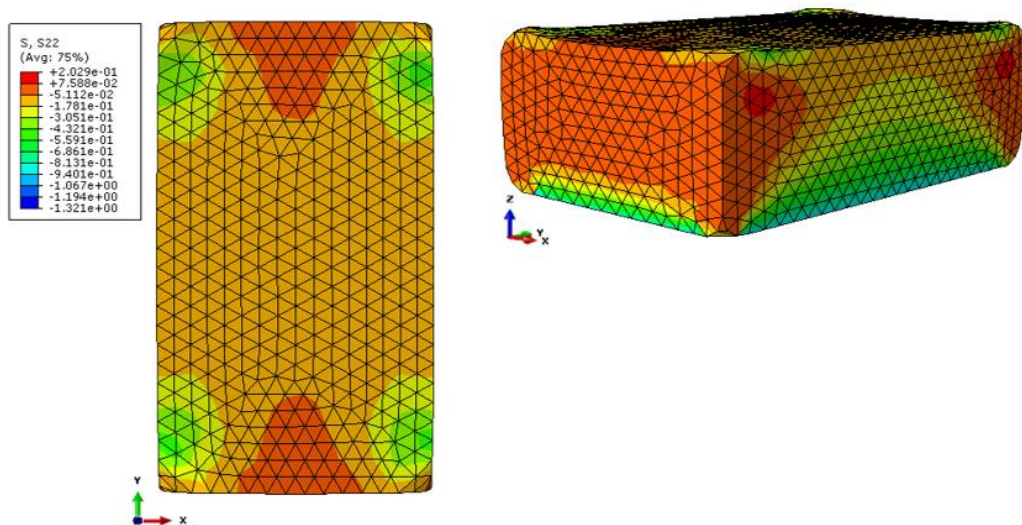
Gráfico de los esfuerzos en el eje Z, vista superior e isométrica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 59

Gráfico de los esfuerzos en el eje Y, vista superior e isométrica.

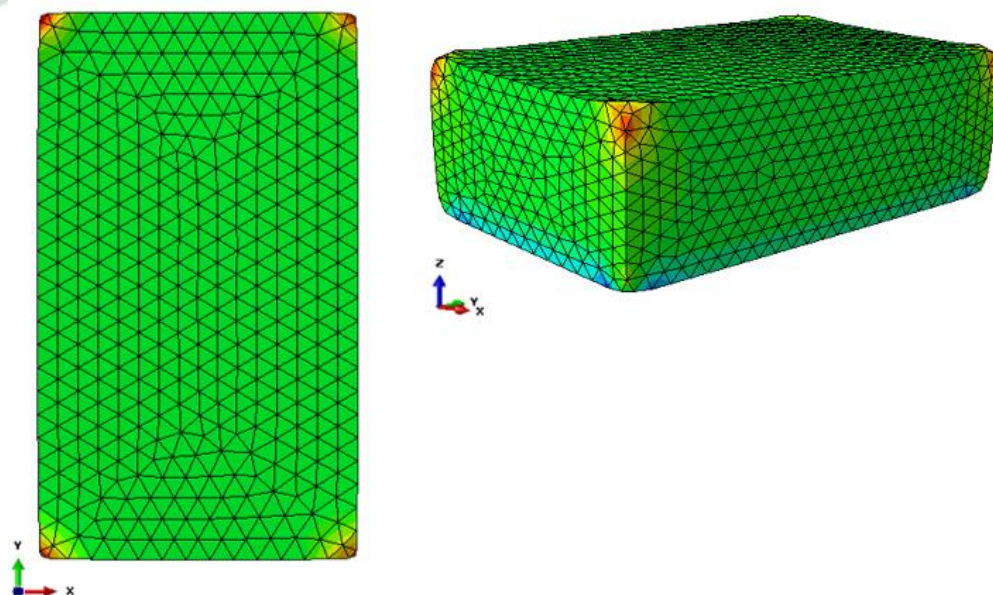


Fuente: Elaboración propia

d) Prototipo 1.4 con radio 12.50 mm

Figura 60

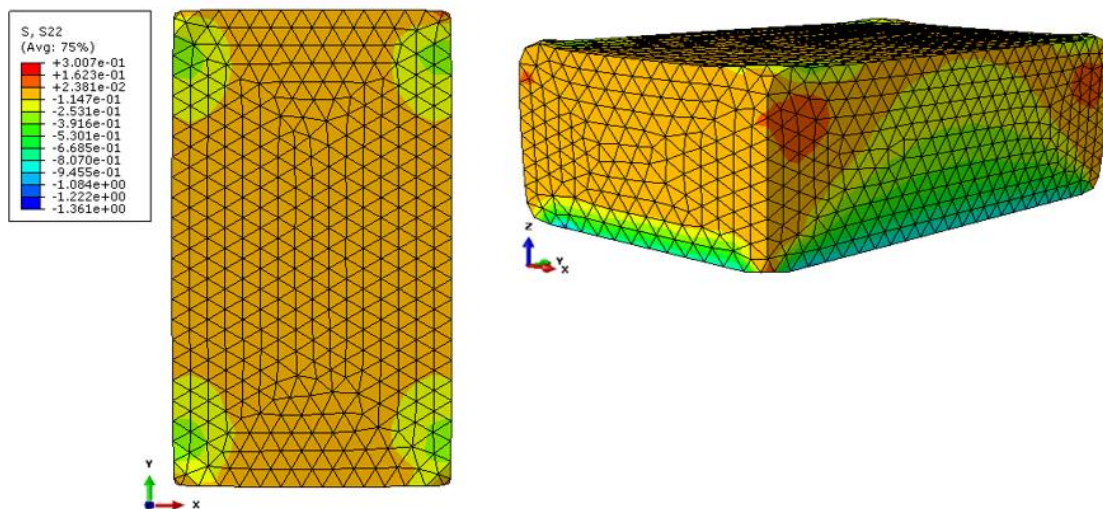
Gráfico de los esfuerzos en el eje Z, vista superior e isométrica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 61

Gráfico de los esfuerzos en el eje Y, vista superior e isométrica.

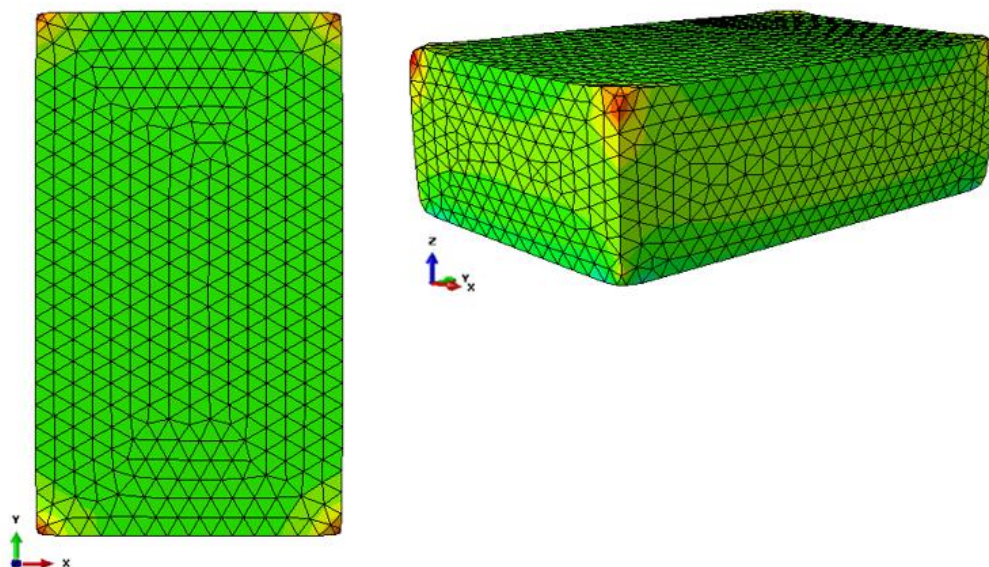


Fuente: Elaboración propia

e) **Prototipo 1.5 con radio 10.00 mm**

Figura 62

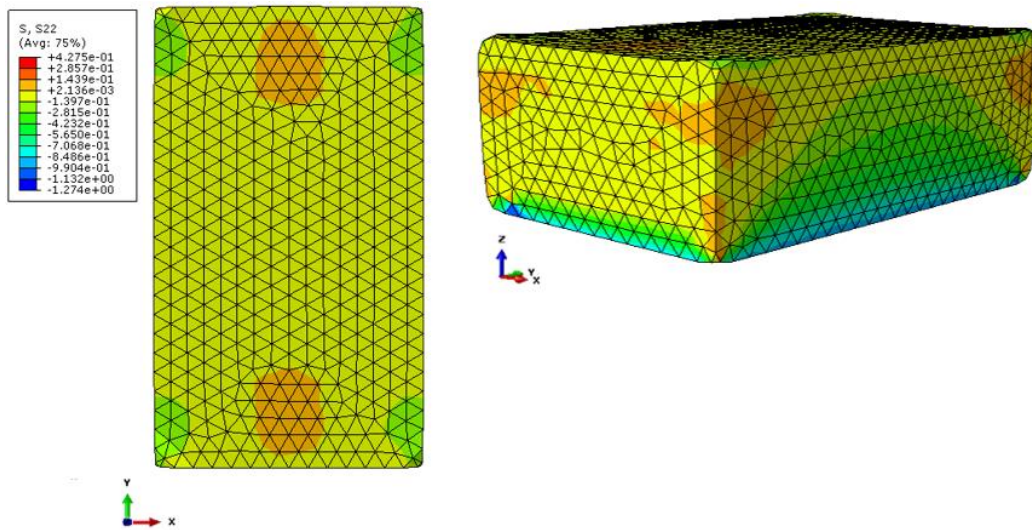
Gráfico de los esfuerzos en el eje Z, vista superior e isométrica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 63

Gráfico de los esfuerzos en el eje Y, vista superior e isométrica.



Fuente: Elaboración propia

G. Interpretación de los resultados del software

Las principales conclusiones después de haber simulado los ensayos de resistencia a la compresión de los distintos prototipos y después de haber revisado la información gráfica de la transmisión de la carga en el eje Z, se interpreta que la concentración de esfuerzos en este caso, esfuerzos de compresión, se concentran en las esquinas de todos los modelos.

Luego de esto también se revisó la información gráfica de la transmisión de la carga en el eje Y de los prototipos y se entiende que la concentración de esfuerzos, se da en las caras del mismo eje.

Finalmente, después de analizar la información cuantitativa del análisis, se resume los máximos esfuerzos de la simulación del ensayo en la Tabla 16 siguiente.

Tabla 16

Máximos esfuerzos soportados en los prototipos.

S, S22	(+) Máximos Esfuerzos de tracción	(-) Esfuerzos de compresión promedio
Prototipo 1.1	0,2554	-0,6184
Prototipo 1.2	0,4495	-0,4691
Prototipo 1.3	0,2029	-0,5591
Prototipo 1.4	0,3007	-0,5301
Prototipo 1.5	0,4275	-0,4232

Fuente: Elaboración propia

Los esfuerzos de tracción en sus puntos más altos según el modelo van desde los 0,2029 MPa hasta 0,4495 MPa, y los esfuerzos de compresión promedio van desde los -0,6184 MPa hasta los -0,4232, se puede interpretar que estos últimos que se reducen conforme aumenta el radio.

Entendiendo esta información se eligió el prototipo 1.3 con un radio de 16,67 mm ya que presenta el menor esfuerzo de tracción máximo comparado con los otros prototipos y presenta el segundo menor esfuerzo de compresión promedio.

Cumpliendo con lo requerido con la metodología Design Thinking, se llevaron a cabo varias revisiones para seleccionar el primer prototipo a evaluar mediante ensayos físicos.

H. Fabricación del prototipo 1.3

Para el presente estudio, se seleccionó el ladrillo modelo King Kong, producido por una ladrillera local reconocida como la más importante del mercado. Este ladrillo presenta las características siguientes.

- Medida eje X: 140 mm
- Medida eje Y: 240 mm
- Medida eje Z: 100 mm
- Área de vacíos: Aproximadamente 46 % con 17 perforaciones.
- Resistencia a la compresión mínima de 130 kg/cm²

También es necesario mencionar que los ladrillos pueden presentar variaciones en sus medidas, pesos y también en su resistencia a la compresión, así como alabeo en sus caras. Continuando con el procedimiento, se adquirieron las 100 unidades de manera aleatoria en una tienda local.

De las cien unidades adquiridas ninguna presentó un daño considerable, que la inhabilitaran para su uso, sin embargo, 42 unidades presentaron facturas o fallas principalmente en las esquinas y bordes, como se detallan en las tres siguientes figuras.

Figura 64

Detalle del daño en los ladrillos adquiridos.



Figura 65

Detalle del daño en los ladrillos adquiridos.



Figura 66

Detalle del daño en los ladrillos adquiridos.



Este 42% de unidades dañadas puede representar otro factor más que resalta la debilidad de las esquinas perpendiculares, estos daños se deben principalmente al apilamiento en el almacenamiento y transporte de los ladrillos.

Luego de esto se seleccionaron 50 unidades para modelarlas de acuerdo con el prototipo elegido y 50 unidades restantes, se conservaron sin ningún cambio, para usarlas como referencia en los ensayos posteriores.

Habiendo elegido el prototipo, se procedió a modelar 50 unidades de ladrillo con esquinas redondeadas, en este proceso se buscó ser lo menos agresivo con las muestras, el modelado se realizó con un proceso abrasivo. Para este proceso se utilizaron los siguientes materiales.

- Lijadora orbital eléctrica.
- Papel lijar de diferentes tamaños.
- Regla milimétrica.
- Vernier.

Figura 67

Modelado del prototipo.



Figura 68

Detalle de la esquina redondeada del prototipo.



6.5 Evaluar – Iteración N°1

La presente fase dentro de la metodología de Design Thinking se centra en la revisión y ensayos físicos de los prototipos creados, con el fin de obtener retroalimentación útil que permita perfeccionar y refinar los prototipos. Se resalta la importancia de la fase para asegurar que los prototipos creados se alineen con las necesidades del usuario objetivo

y proporcionen soluciones efectivas al problema identificado. Permite un ciclo continuo de retroalimentación, ajustes y mejoras antes de avanzar a la implementación del producto.

6.5.1 Número de especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión

En esta etapa de evaluación se consideró realizar el ensayo de resistencia a la compresión de 10 unidades del ladrillo patrón, es decir, sin modificaciones, y también 10 unidades de ladrillos modificados, los cuales representaran al prototipo 1.3 con esquinas redondeadas con radio de 16.67mm. La elección de estas 10 unidades de muestra de un total de 50 unidades de cada uno, se dio de manera aleatoria. La decisión de elegir 10 unidades de cada tipo de ladrillo se basa en lo que indica el Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería (2018, p.2) mediante la NTP 399.613, indica que, para el ensayo de resistencia a la compresión, el cual se considera el más representativo, se deben elegir y ensayar como mínimo 10 unidades representativas de un lote menor a 1000000 unidades.

6.5.2 Preparación de las muestras para el ensayo de resistencia a la compresión

Luego de terminar con el modelado de las muestras, se procedió a tomar las medidas en sus ejes conforme a lo indicado por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería (2018, p.3) mediante la NTP 399.613, así también se registró el peso de cada espécimen y luego se procedió al refrentado de cada ladrillo y posterior secado.

Figura 69

Refrentado del prototipo, previo al ensayo de resistencia a la compresión.



Figura 70

Secado del prototipo en un horno de secado a temperatura controlada.



En total se seleccionaron y prepararon 10 muestras de ladrillos sin realizar ningún cambio, y 10 muestras de ladrillos modelados al prototipo 1.3

6.5.3 Ensayo de resistencia a la compresión

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de las 20 muestras, la codificación dada de las muestras sin cambios se dio con el código M, seguido del número de espécimen. La codificación para los ladrillos modificados fue de PM seguido del número de muestra.

A. Análisis de las fallas**a) Fallas ladrillos de referencia**

Al analizar las formas de las fallas o fracturas presentes en los ladrillos patrón, es decir, los ladrillos sin cambios, se observa una tendencia de rotura en los lados laterales tomando como referencia la vista superior. Considerando estas fallas, se evidencia que las fracturas se concentran los costados de los ladrillos, mientras que en el centro de las unidades no se visualiza un aparente daño.

Figura 71

Detalle de las fracturas en los ladrillos de referencia.

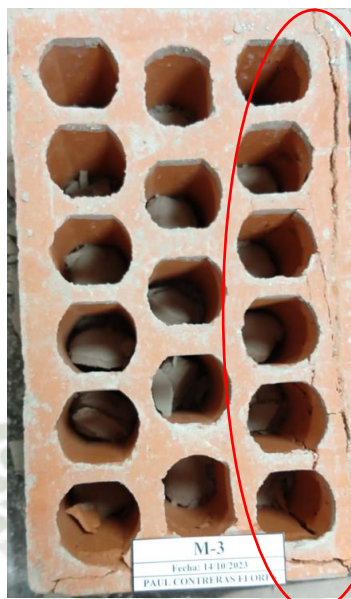
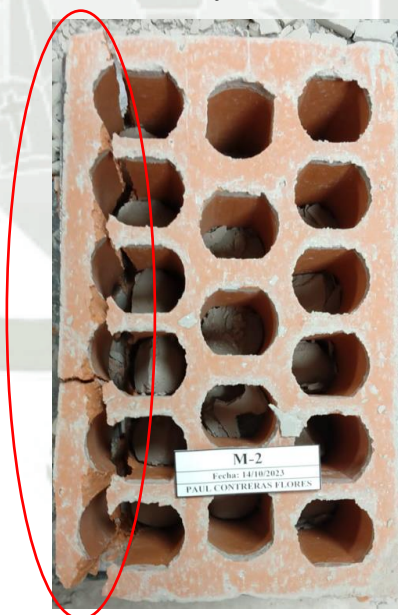


Figura 72

Detalle de las fracturas en los ladrillos de referencia.



b) Fallas prototipo N°1

Después de revisar las fallas o fracturas del ladrillo prototipo 1.3, se mantiene la tendencia de daños en los costados de los ladrillos, tomando como referencia la vista superior. Sin embargo, se evidencia daños aparentes que se acercan al medio del ladrillo, esto podría indicar independientemente de la capacidad de carga del elemento o su

resistencia estructural, que los ladrillos con esquinas redondeadas distribuyen las fuerzas de compresión y tracción hacia el medio del ladrillo.

Figura 73

Detalle de las fracturas en el prototipo de ladrillo.

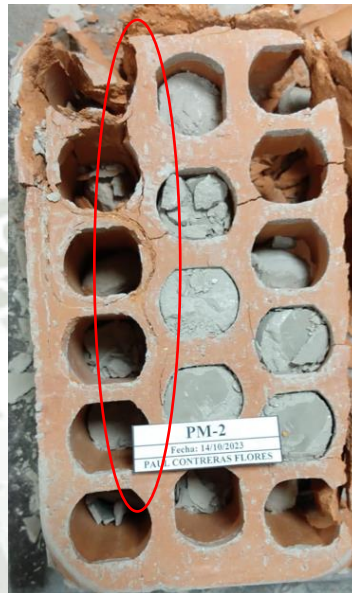


Figura 74

Detalle de las fracturas en el prototipo de ladrillo.



Figura 75

Detalle de las fracturas del prototipo de ladrillo.

**B. Análisis de los resultados****a) Ladrillo patrón**

En la Tabla 17 se observan los datos obtenidos en el proceso del ensayo de resistencia a la compresión, los principales datos son peso, dimensiones y carga máxima.

Los datos de resistencia a la compresión son calculados con la fórmula dada en la NTP 399.613:2017 elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería (2018, p. 5 – 7)

$$C = \frac{w}{A}$$

Donde:

C = Resistencia a la compresión, (kg/cm²) o (mPa)

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, (kgf) o (N)

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, (cm²).

En este contexto, se emplea un modelo de ladrillo que se encuentra en el mercado, el cual se denominó “*ladrillo patrón*”. Los datos recopilados muestran las características y los resultados obtenidos de las pruebas de resistencia a la compresión para ladrillos

identificados del M-1 al M-10, donde se han registrado medidas de peso, dimensiones y los valores de carga máxima soportada.

Tabla 17

Datos del ensayo de resistencia a la compresión en el ladrillo patrón.

LADRILLO PATRON	Dimensiones					Carga Maxima kgf	Resistencia a la compresión	
	PESO gr	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	AREA cm ²		kg/cm ²	MPa
M - 1	3055,9	23,5	13,6	9,8	319,6	56924	178,1	17,5
M - 2	3051,2	23,5	13,5	9,8	317,3	54861	172,9	17,0
M - 3	3055,6	23,6	13,7	9,8	323,3	58675	181,5	17,8
M - 4	3052,4	23,6	13,7	9,8	323,3	54176	167,6	16,4
M - 5	3068,2	23,5	13,7	9,9	322,0	68204	211,8	20,8
M - 6	3068,9	23,5	13,6	9,6	319,6	59448	186,0	18,2
M - 7	3055,3	23,6	13,6	9,7	321,0	59644	185,8	18,2
M - 8	3058,6	23,5	13,7	9,8	322,0	63753	198,0	19,4
M - 9	3064,8	23,5	13,6	9,8	319,6	56787	177,7	17,4
M - 10	3062,7	23,4	13,6	9,7	318,2	57657	181,2	17,8

Fuente: Elaboración propia

Se puede resaltar las características más importantes de los datos obtenidos de la manera siguiente.

- Peso (en gramos): Varía en un rango cercano a 3050 - 3070 gramos.
- Largo (en centímetros): Oscila entre 23.4 cm y 23.6 cm.
- Ancho (en centímetros): Entre 13.5 cm y 13.7 cm.
- Altura (en centímetros): Aproximadamente 9.6 cm a 9.9 cm.
- Área (en cm²): Se encuentra alrededor de 317 a 323 cm².
- Carga máxima (en kgf): Los valores varían entre 54,000 y 68,000 kgf.
- Resistencia a la compresión (en kg/cm² y MPa): Se sitúa entre 167.6 y 211.8 kg/cm².

Estos datos representan los resultados de pruebas de resistencia a la compresión de los ladrillos patrón, donde se ha aplicado carga gradualmente hasta alcanzar la máxima resistencia antes de la deformación o ruptura.

Tabla 18

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en el ladrillo patrón.

VALOR PROMEDIO PESO	3059,4
VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	184,1
CORRECCIÓN VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	200,1
DESVIACIÓN ESTANDAR	12,7
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (f'b)	187,3

Fuente: Elaboración propia

b) Prototipo 1.3

En la Tabla 19 se observan los datos obtenidos en el proceso del ensayo de resistencia a la compresión, los principales datos obtenidos son el peso, dimensiones y la carga máxima. Los datos de resistencia a la compresión son calculados con la formula dada en la NTP 399.613:2017 de la misma manera que el calculó del modelo anterior.

Tabla 19

Datos del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 1.3.

PROTOTIPO 1.3	Dimensiones					Carga Maxima	Resistencia a la compresión	
	PESO	LARGO	ANCHO	ALTURA	AREA		kgf	kg/cm ²
	gr	cm	cm	cm	cm ²			
PM - 1	2994,7	23,5	13,5	9,6	317,3	50719	159,9	15,7
PM - 2	2982,8	23,5	13,7	9,6	322,0	52513	163,1	16,0
PM - 3	3009,0	23,4	13,5	9,7	315,9	56729	179,6	17,6
PM - 4	3016,7	23,5	13,6	9,8	319,6	63215	197,8	19,4
PM - 5	2999,7	23,5	13,5	9,7	317,3	56795	179,0	17,6
PM - 6	3014,2	23,5	13,6	9,8	319,6	56081	175,5	17,2
PM - 7	3018,5	23,4	13,6	9,7	318,2	57084	179,4	17,6
PM - 8	3025,8	23,5	13,6	9,9	319,6	58511	183,1	18,0
PM - 9	3016,1	23,5	13,6	9,6	319,6	54016	169,0	16,6
PM - 10	3006,7	23,5	13,6	9,8	319,6	49014	153,4	15,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 1.3.

VALOR PROMEDIO PESO	3008,4
VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	174,0
CORRECCIÓN VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	189,1
DESVIACIÓN ESTANDAR	12,9
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (f'b)	176,2

Fuente: Elaboración propia

Los resultados más relevantes de los datos obtenidos son los siguientes:

- El peso promedio de las unidades se reduce de 3059,36 gramos a 3008,42 gramos, esta reducción de 50,88 gramos representa una reducción del 1.66% del peso inicial.
- La resistencia a la compresión se ve reducida de 187,3 (kg/cm²) a 176,2 (kg/cm²), esta reducción es de 5.93%
- Las fallas en las unidades patrón, se dieron en los costados, siendo el medio del ladrillo el menos afectado.
- Las fallas en las unidades prototipo son muy parecidas a la del ladrillo patrón, adicionalmente, estas esbozan daños en la parte céntrica de la unidad.

6.6 Prototipar – Iteración N°2

Anteriormente se había señalado que una característica importante de la metodología Design Thinking es que el proceso es iterativo, por lo que se continuó sugiriendo otro prototipo para diseñar y evaluar.

6.6.1 Prototipo N°2

Para el prototipo N°2, se propuso implementar bordes redondeados tomando como base el prototipo 1.3, por tanto, el prototipo actual incluye bordes y esquinas redondeadas.

A. Base teórica del prototipo con esquinas y bordes redondeados

Para el nuevo prototipo se toman las referencias de investigaciones anteriores, las cuales refieren que los radios en los bordes pueden tener una relación con el aumento de la capacidad de carga en elementos constructivos que se encuentran expuestos diferentes cargas.

6.6.2 Diseño del prototipo 2.0

A. Propuesta del prototipo 2.0

Entendiendo que el radio de los bordes tiene una proporción directa en la resistencia en otros materiales, se proponen las esquinas redondeadas en los ladrillos adicionando los cuatro bordes redondeados alrededor del ladrillo tomando como referencia el eje Z. Para esto se tomó como referencia el prototipo 1.3 visto en el capítulo anterior, y luego se añadió los radios en los bordes. Las medidas del prototipo 2.0 en cuanto a radios son las siguientes:

- Esquinas: Radio 16,67 mm, la elección de este radio está dado por la proporción del 16,67% de la altura del ladrillo.
- Bordes: el ladrillo actual ya tiene un borde de aproximadamente 6,5 mm, se propone aumentar este radio a 16,67mm.
- Todas las demás medidas se mantienen, al igual que el prototipo 1.3.

B. Fabricación del prototipo 2.0

Después de la selección del prototipo, se procedió a modelar 10 unidades de ladrillo con esquinas y bordes redondeados, en este proceso se buscó ser lo menos agresivo con las

muestras, el modelado se realizó con un proceso abrasivo. Para este proceso se utilizaron los siguientes materiales.

- Lijadora orbital eléctrica.
- Papel lijar de diferentes tamaños.
- Regla milimétrica.
- Vernier.

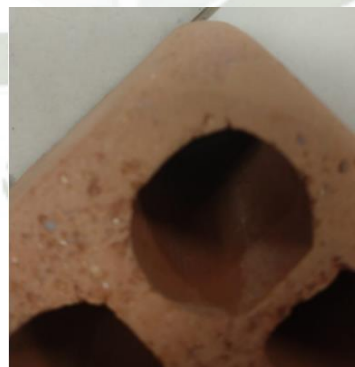
Figura 76

Detalle de la esquina y borde redondeado del prototipo 2.0.



Figura 77

Detalle de la esquina y borde redondeado del prototipo 2.0.



6.7 Evaluar – Iteración N°2

6.7.1 Numero de especímenes

En este capítulo se ensayaron 10 unidades de ladrillos modificados asemejándose al prototipo 2.0.

6.7.2 Preparación de las muestras para el ensayo de compresión

Luego de terminar con el modelado de las muestras, se procedió a tomar las medidas en sus ejes conforme a lo indicado por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería (2018, p.3) mediante la NTP 399.613, así también se registró el peso de cada espécimen y luego se procedió al refrentado de cada ladrillo y posterior secado.

6.7.3 Ensayo de resistencia a la compresión

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de las 10 muestras, la codificación para los ladrillos modificados fue de 2 PM seguido del número de muestra

A. Análisis de las fallas

a) Fallas prototipo 2.0

El análisis de las fallas o fracturas del ladrillo prototipo 2.0 muestra que la tendencia de las fracturas en los costados se mantiene y también aparece la tendencia de fracturas más resaltantes que en el centro del ladrillo. Así también, estos últimos ensayos evidencian mayor daño en la estructura completa de las unidades

Se interpreta que el prototipo 2.0 al encontrarse más deteriorado en los ensayos destructivos, este prototipo con esquinas y bordes redondeados distribuyen mejor las fuerzas de compresión y tracción hacia el medio del ladrillo, así también los costados reciben mayor fractura y se evidencia fracturas alrededor de los bordes.

Figura 78

Detalle de las fracturas en el prototipo 2.0.

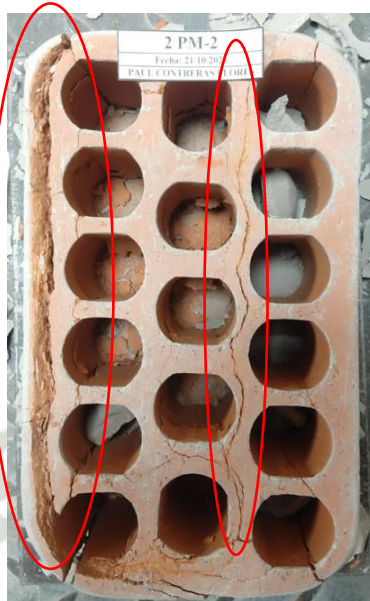


Figura 79

Detalle de las fracturas en el prototipo 2.0.



Figura 80

Detalle de las fracturas en el prototipo 2.0.



Figura 81

Detalle de las fracturas en el prototipo 2.0.



B. Análisis de los resultados

En la Tabla 21 se observan los datos obtenidos en el proceso del ensayo de resistencia a la compresión, los principales datos obtenidos son peso, dimensiones y carga máxima.

Los datos de resistencia a la compresión son calculados con la formula dada en la NTP 399.613:2017 elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería (2018, p. 5 – 7)

Tabla 21

Datos del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 2.0.

PROTOTIPO 2.0	Dimensiones					Carga Maxima kgf	Resistencia a la compresión	
	PESO gr	LARGO cm	ANCHO cm	ALTURA cm	AREA cm ²		kg/cm ²	MPa
2 PM - 1	2963,9	23,4	13,6	9,8	318,2	48484	152,4	14,9
2 PM - 2	2956,4	23,5	13,4	9,7	314,9	45957	145,9	14,3
2 PM - 3	2965,5	23,5	13,6	9,6	319,6	56714	177,5	17,4
2 PM - 4	2953,9	23,3	13,5	9,8	314,6	47587	151,3	14,8
2 PM - 5	2954,8	23,3	13,4	9,7	312,2	52340	167,6	16,4
2 PM - 6	2941,3	23,6	13,7	9,8	323,3	48977	151,5	14,9
2 PM - 7	2962,8	23,5	13,6	9,8	319,6	56213	175,9	17,3
2 PM - 8	2951,6	23,5	13,6	9,7	319,6	40839	127,8	12,5
2 PM - 9	2965,4	23,5	13,5	9,8	317,3	56432	177,9	17,4
2 PM - 10	2967,8	23,4	13,6	9,7	318,2	59994	188,5	18,5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 2.0.

VALOR PROMEDIO PESO	2958,3
VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	161,6
CORRECCIÓN VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	175,7
DESVIACIÓN ESTANDAR	18,8
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (f'b)	156,9

Fuente: Elaboración propia

Los resultados más relevantes de los datos obtenidos son los siguientes

- El peso promedio de las unidades se reduce de 3059,36 gramos a 2958,34 gramos, esta reducción de 101,02 gramos representa una reducción del 3,30% del peso inicial.
- La resistencia a la compresión se ve reducida de 187,3 (kg/cm²) a 156,9 (kg/cm²), esta reducción es de 16,23%
- Las fallas en las unidades prototipo son menos parecidas a la del ladrillo patrón, y considerablemente se notan daños en la parte céntrica de la unidad.

- Se concluye que este modelo distribuye el daño en el ladrillo a través de toda su área, al igual que las fuerzas que se ejercen sobre este.
- Se considera que la reducción en el volumen del ladrillo debido a la reducción de esquinas y bordes reduce la capacidad de carga del ladrillo.

6.8 Prototipar – Iteración N°3

Para el tercer prototipo, se propuso implementar los bordes redondeados tomando como base el prototipo 2.0, por tanto, el prototipo actual incluye bordes y esquinas redondeadas, así como la reubicación y cambio de forma de las perforaciones en el ladrillo.

Es importante mencionar que, debido a limitaciones financieras, resulta un obstáculo la fabricación del prototipo 3.0, el principal requerimiento para la producción del ladrillo, es el molde que se ubica al final de la extrusora, en el proceso de moldeado el cual se aprecia en la figura 82, el molde tiene un costo aproximado de 4500 soles. Lo que resulta un impedimento continuar con la fabricación en esta etapa de la investigación.

Figura 82
Molde para la fabricación de ladrillos



6.8.1 Prototipo 3.0

A. Base teórica del prototipo

Para el nuevo prototipo se tomaron las referencias de las investigaciones revisadas anteriormente, las cuales refieren que los radios en los bordes pueden tener una relación con el aumento de la capacidad de carga en elementos constructivos que se encuentran expuestos a diferentes cargas.

Adicionalmente para este prototipo se tomó como referencia el trabajo de Wang & Wu (2008, p.493 – 505), en el que se evaluaron, mediante ensayos destructivos, muestras con distintos radios en los bordes, los autores concluyen que el elemento cilíndrico es el que tiene mejor desempeño, en comparación con otros elementos.

6.8.2 Diseño del Prototipo 3.0

A. Propuesta del prototipo 3.0

Entendiendo que existe una relación directamente proporcional al radio de los bordes y la resistencia así también considerando la experiencia adquirida, así como el análisis visual y los resultados cuantitativos obtenidos en los ensayos anteriores, se propone para el nuevo prototipo, la implementación de las características siguientes.

- Esquinas redondeadas, con un radio 16,67 mm.
- Bordes redondeados, con un radio a 16,67 mm.
- Perforaciones circulares de 14,50 mm, el cambio en las perforaciones, tiene como objetivo eliminar ángulos y líneas rectas en las perforaciones de los ladrillos actuales.
- Otro cambio importante es modificar la ubicación las perforaciones llevándolas hacia el medio, tomando como referencia una vista superior, ya que, en todos los ensayos, la parte media del área superior de los ladrillos es la que tiene menor cantidad de fracturas presento en los ensayos de resistencia a la compresión.
- Se propone disminuir el tamaño de las perforaciones con el objetivo de igualar el volumen del nuevo prototipo al de los ladrillos de referencia. Dado que se ha

reducido el volumen en el ladrillo en sus bordes y esquinas, este volumen se compensará reduciendo el tamaño de las perforaciones circulares. El objetivo final es que el prototipo 3.0 tenga el mismo volumen y peso que los ladrillos actuales del mercado.

- La última modificación consiste en reubicar las perforaciones circulares con el fin de reforzar las esquinas de los ladrillos, ya que, el análisis de las fracturas reveló que, son las caras laterales y esquinas las zonas que mayores fracturas presentan. Todas las demás medidas se mantienen, al igual que el prototipo 2.0

B. Modelado geométrico

El modelado geométrico del prototipo 3.0 se realizó, en el software AutoCAD. Primero se analizó la distribución y geometría de las perforaciones del ladrillo patrón, obteniendo los resultados de las figuras siguientes.

Figura 83

Vista superior del ladrillo regular, con perforaciones rectangulares redondeadas.

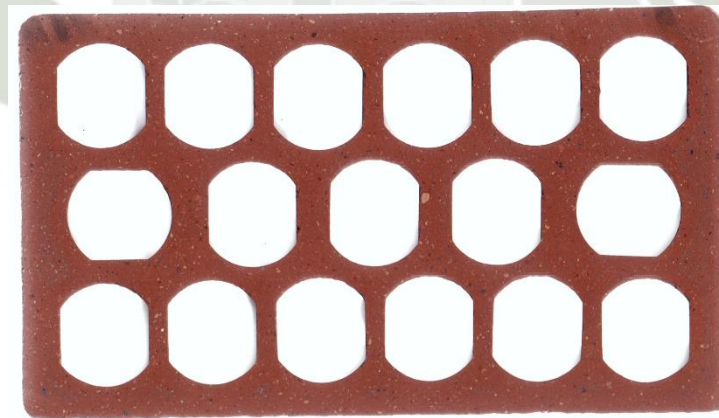
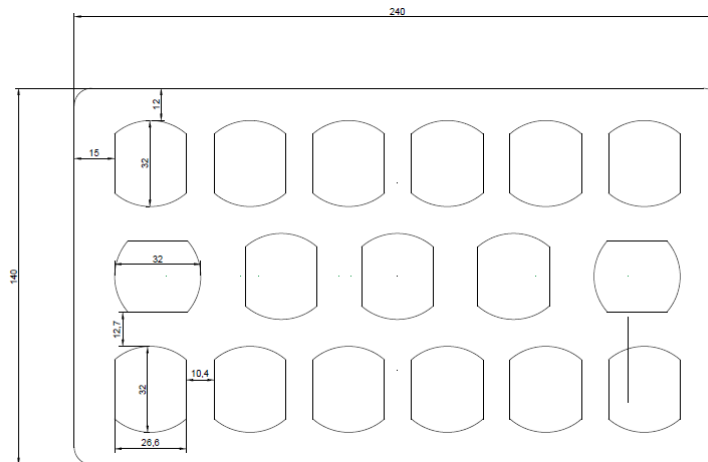


Figura 84

Diseño en AUTOCAD del ladrillo patrón.



Posteriormente se procedió a modelar la nueva distribución de perforaciones a lo largo del ladrillo en el prototipo 3.0, los principales cambios implementados fueron los siguientes.

a) Forma y tamaño de las perforaciones

El primer cambio fue la forma de las perforaciones, para esto es importante analizar, la forma y distribución de las perforaciones del ladrillo patrón, como se observa en la figura 85 y figura 86, se da de la manera siguiente.

- Forma: Los agujeros no son completamente circulares ni estrictamente rectangulares, sino una mezcla de ambas formas. Los lados están ligeramente rectos, mientras que las esquinas tienen curvaturas suaves. Podemos indicar que tienen una forma rectangular redondeada.
- Tamaño: Los agujeros son de tamaño uniforme, ocupando una proporción significativa de la superficie del ladrillo. La distancia entre cada agujero es constante, manteniendo la integridad estructural del ladrillo.
- Distribución: Son 17 perforaciones distribuidas en un patrón regular, pero no están alineadas perfectamente en filas horizontales. Cada fila tiene sus agujeros desfasados respecto a las demás, los agujeros se encuentran de manera perpendicular a la cara de asentado del ladrillo.

Se procedió a cambiar las perforaciones, optando por una forma circular. Habiendo revisado las investigaciones sobre como las formas redondeadas tienden a distribuir mejor las tensiones o cargas aplicadas, ya que no tienen esquinas o aristas agudas que puedan concentrar tensiones. Esto puede reducir el riesgo de falla por puntos de concentración de tensiones.

Además, se procedió a disminuir el tamaño de las perforaciones con el objetivo de complementar la reducción de volumen generada por la modificación de las esquinas y bordes en el primer prototipo. Se busca asegurar que el volumen total del prototipo 3.0 sea equivalente al del ladrillo inicial, manteniendo la coherencia en el tamaño y relación entre ambos prototipos.

b) Distribución de las perforaciones

Posteriormente, se implementó un cambio en el diseño, enfocado en la reubicación de las perforaciones hacia la parte central del ladrillo. Este ajuste se basó en un análisis de las fallas observadas durante los ensayos de resistencia a la compresión, donde se evidenció una mayor propensión del ladrillo a fallar en las esquinas en comparación con el daño menor registrado en la zona central. Esta observación llevó a la consideración de desplazar las perforaciones hacia el centro del ladrillo con el fin de aumentar el área de contacto en las esquinas y los costados, fortaleciendo así su resistencia.

Figura 85

Vista superior del ladrillo prototipo 3.0, con perforaciones circulares.

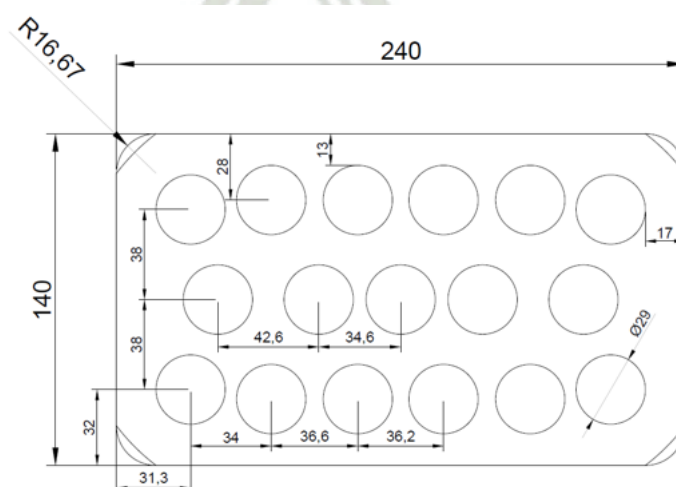
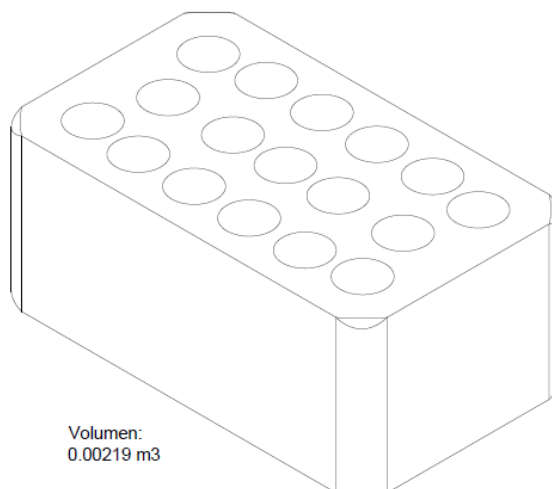


Figura 86

Vista isométrica del ladrillo prototipo 3.0, con perforaciones circulares.

**6.9 Evaluar – Iteración N°3****6.9.1 Estimación resistencia a la compresión (f'_b)**

En esta etapa, se procedió a estimar la resistencia a la compresión del prototipo N.º 3.0. Esta estimación se basó en la premisa de igualar la masa del nuevo prototipo con la del ladrillo patrón. Se anticipa que este ajuste en la masa permitirá alcanzar niveles de resistencia similares a los obtenidos en el prototipo 2.0, el cual contaba con bordes y esquinas redondeadas.

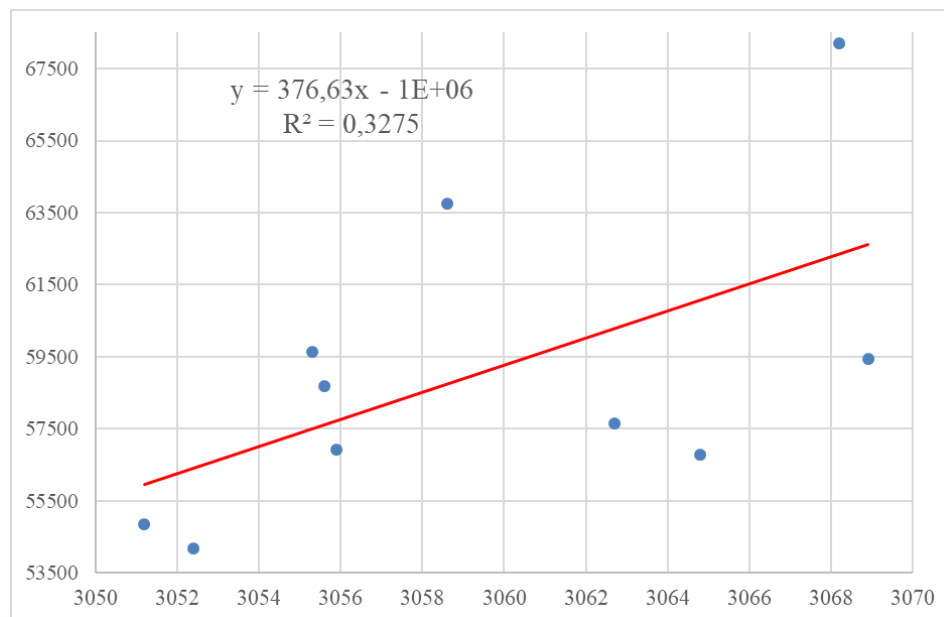
Revisando la Figura 87, esta muestra la relación entre el peso del ladrillo (en gramos) en el eje X y la carga máxima soportada por el ladrillo (en kilogramos-fuerza, kgf) en el eje Y. A continuación, se describe en detalle:

- Eje X (horizontal): Representa el peso del ladrillo en gramos (gr).
- Eje Y (vertical): Representa la carga máxima soportada por el ladrillo en kilogramos-fuerza (kgf).
- Se señalan los datos experimentales que muestran la carga máxima soportada por ladrillos de diferentes pesos.

- Se muestra una línea de tendencia lineal que modela la relación entre el peso y la carga máxima. Se infiere que la relación de carga máxima comparada con el peso del ladrillo patrón, presenta una tendencia lineal.

Figura 87

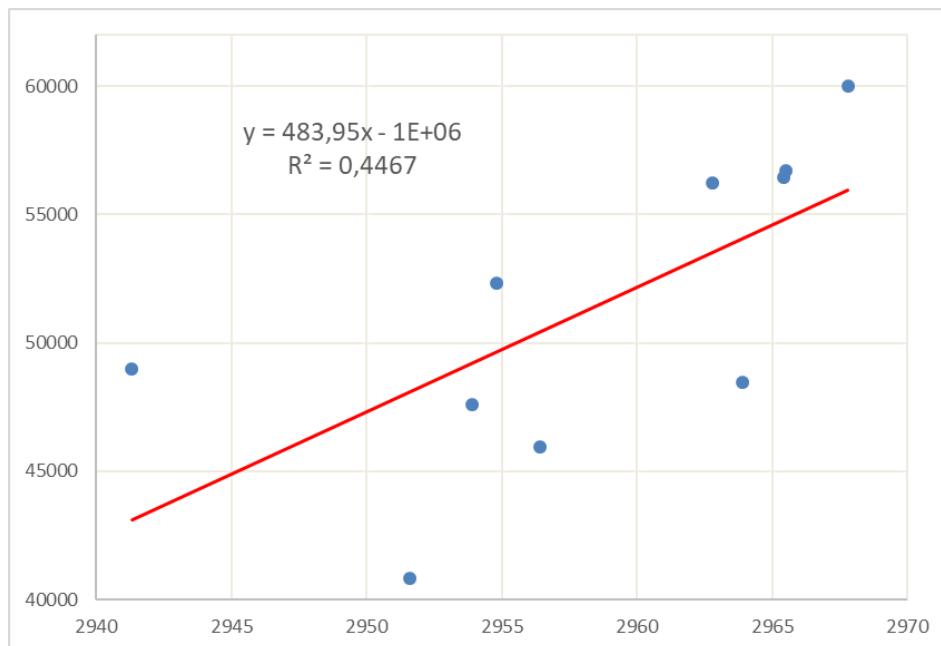
Comparación de la carga máxima (kgf) comparada con el peso (gr) del ladrillo patrón.



Así mismo en la Figura 88 se observa un similar comportamiento en el prototipo 2.0.

Figura 88

Comparación de la carga máxima (kgf) comparada con el peso (gr) del prototipo 2.0.



Con base en los resultados previos de los ensayos iniciales, se propone realizar una estimación de las cargas que alcanzará el prototipo 3.0, esta estimación se realizó, utilizando un modelo de regresión lineal. Para llevar a cabo esta estimación, se considerarán cinco muestras, utilizando el peso de los primeros cinco ladrillos patrón como datos de entrada. Posteriormente, se empleó la relación obtenida en los ensayos del prototipo 2.0 para prever las cargas esperadas en el prototipo 3.0.

A. Escenario Optimista

Para este escenario se consideró el pronóstico de la regresión al 80%, para esto se procedió a usar la fórmula de regresión lineal, pronosticando la carga máxima de prototipo. Los datos usados fueron.

x = punto de datos para los cuales se desea predecir un valor = peso de los ladrillos patrón

Conocido y = matriz dependiente = Carga máxima prototipo 2.0

Conocido x = matriz independiente = Peso del prototipo 2.0

Tabla 23

Pronostico de la resistencia a la compresión, al 80% según la carga máxima.

PROTOTIPO 3.0	Dimensiones		Carga Maxima	Resistencia a la compresión	
	PESO gr	AREA cm ²	kgf	kg/cm ²	MPa
Pronosticado al 80 %	3055,9	319,6	78854	246,7	24,2
	3051,2	317,3	77034	242,8	23,8
	3055,6	323,3	78738	243,5	23,9
	3052,4	323,3	77499	239,7	23,5
	3068,2	322,0	83616	259,7	25,5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

Resultados pronosticados del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 3.0 al 80%.

VALOR PROMEDIO PESO	3056,7
VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	246,5
CORRECCIÓN VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	267,9
DESVIACIÓN ESTANDAR	7,8
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (f'b)	260,1

Fuente: Elaboración propia.

B. Escenario Realista

Para este escenario se consideró el pronóstico de la regresión al 70%.

Tabla 25

Pronóstico de la resistencia a la compresión, al 70% según la carga máxima.

PROTOTIPO 3.0	Dimensiones		Carga Maxima	Resistencia a la compresión	
	PESO gr	AREA cm ²	kgf	kg/cm ²	MPa
Pronosticado al 70 %	3055,9	319,6	68997	215,9	21,2
	3051,2	317,3	67405	212,5	20,8
	3055,6	323,3	68896	213,1	20,9
	3052,4	323,3	67811	209,7	20,6
	3068,2	322,0	73164	227,3	22,3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26

Resultados pronosticados del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 3.0 al 70%.

VALOR PROMEDIO PESO	3056,7
VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	215,7
CORRECCIÓN VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	234,4
DESVIACIÓN ESTANDAR	6,8
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (f'b)	227,6

Fuente: Elaboración propia.

C. Escenario Pesimista

Para este escenario se consideró el pronóstico de la regresión al 60%.

Tabla 27

Pronóstico de la resistencia a la compresión, al 60% según la carga máxima.

PROTOTIPO 3.0	Dimensiones		Carga Maxima	Resistencia a la compresión	
	PESO gr	AREA cm ²	kgf	kg/cm ²	MPa
Pronosticado al 60 %	3055,9	319,6	59140	185,0	18,2
	3051,2	317,3	57776	182,1	17,9
	3055,6	323,3	59053	182,6	17,9
	3052,4	323,3	58124	179,8	17,6
	3068,2	322,0	62712	194,8	19,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28

Resultados pronosticados del ensayo de resistencia a la compresión en el prototipo 3.0 al 60%.

VALOR PROMEDIO PESO	3056,7
VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	184,9
CORRECCIÓN VALOR PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	200,9
DESVIACIÓN ESTANDAR	5,9
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (f'b)	195,1

Fuente: Elaboración propia.

D. Análisis de los pronósticos

En los tres escenarios pronosticados se observa que la resistencia está por encima de la resistencia de los ladrillos actuales 187,3 (kg/cm²), el aumento en porcentaje se da de la manera siguiente.

- Escenario optimista: Resistencia a la compresión 260,1 (kg/cm²) lo cual representa un aumento de 38,87%.

- Escenario realista: Resistencia a la compresión 227,6 (kg/cm²) lo cual representa un aumento de 21,51%.
- Escenario pesimista: Resistencia a la compresión 195,1(kg/cm²) lo cual representa un aumento de 4,15%.

En todos los escenarios existe un aumento en la resistencia a la compresión, es posible que el cambio en la forma de las perforaciones de rectangulares redondeadas a perforaciones circulares, puedan mostrar un cambio significativo en la resistencia.

6.10 Conclusiones parciales del capítulo VI

Después de aplicar todos los pasos y repetir principalmente las fases de prototipar y evaluar, se entiende que la metodología Design Thinking permitió identificar soluciones innovadoras para mejorar la resistencia estructural de los ladrillos. Las fases de empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar facilitaron un enfoque iterativo y centrado en el usuario.

Los prototipos con esquinas redondeadas mostraron un mejor desempeño en la distribución de las cargas de compresión, disminuyendo las tensiones en los puntos críticos y mejorando la integridad estructural del ladrillo en comparación con los ladrillos convencionales.

Los ensayos de resistencia a la compresión revelaron que el Prototipo 1.3, con un radio de 16,67 mm en sus esquinas, presentó un mejor balance entre resistencia a la compresión y reducción de esfuerzo de tracción.

El Prototipo 2.0, que incluye tanto esquinas como bordes redondeados, mostró una mayor distribución del daño en el ladrillo, su resistencia a la compresión se vio reducida debido a la pérdida de volumen en las esquinas y bordes.

El Prototipo 3.0, con perforaciones circulares reubicadas hacia el centro y bordes redondeados, presenta un enfoque prometedor para equilibrar la resistencia estructural y el volumen del ladrillo, optimizando la relación entre forma y funcionalidad.

CONCLUSIONES

Primera

Se demuestra que el uso de la metodología Design Thinking ha guiado el proceso de prototipado. Los cambios geométricos y la distribución optimizada de alveolos han reducido los puntos de concentración de tensiones, distribuyendo las fuerzas de manera más uniforme, lo que se traduce en un aumento en la capacidad de resistencia a la compresión del ladrillo.

Segunda

La revisión de estudios previos ha permitido identificar tendencias y avances tecnológicos, la investigación ha resaltado la importancia de la aplicación de esquinas redondeadas en elementos de construcción, demostrando su capacidad para mejorar la resistencia estructural. Esta innovación tiene el potencial de ofrecer beneficios significativos en términos de seguridad, durabilidad y eficiencia en proyectos de construcción, contribuyendo así al avance y la mejora continua en los procesos constructivos.

Tercera

La presente investigación, respaldada por referencias y estudios previos, fundamentada con datos y un enfoque metodológico robusto, proporciona una base sólida para futuras investigaciones.

Cuarta

El análisis de los pronósticos derivados de los tres escenarios de los prototipos muestra que, en todos los casos evaluados, los prototipos lograrían la resistencia a la compresión correspondiente a clasificación de ladrillo tipo V (resistencia mínima de 180 kg/cm²), en el mejor de los casos (escenario optimista) la resistencia a la compresión aumentaría un 38,87%.

Recomendaciones

Primera

Se recomienda continuar con los diferentes ensayos del prototipo N°3, tanto de micro como de macro modelamiento numérico mediante programas especializados, así como ensayos destructivos como específicamente de pilas, muretes y de muros con aplicación de cargas laterales cíclicas, esto con el objetivo analizar el comportamiento del prototipo en conjunto con el mortero usado en la albañilería.

Segunda

Se recomienda continuar con el proceso de iteración y optimización del diseño para seguir mejorando sus propiedades y características. Integrar la retroalimentación de los usuarios y realizar pruebas adicionales ayudará a identificar áreas de mejora y a refinar aún más el producto para satisfacer las necesidades y expectativas del mercado.

Tercera

Se sugiere llevar a cabo un estudio exhaustivo que evalúe tanto los costos como los beneficios asociados con la implementación de cambios en el proceso de producción, con el objetivo de obtener una comprensión clara de la viabilidad económica de los cambios propuestos, lo que ayudará a tomar decisiones informadas sobre su implementación.

Referencias

- Andrade, M. Carrasco, R. (2021). Estudio del nivel de desinformación sobre el uso del ladrillo pandereta en la construcción de edificaciones de albañilería confinada en la urbanización Jardín III etapa, Sullana, Piura. Unida Edición. Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2984>
- Asana (2022). Design Thinking paso a paso y cómo incorporarlo en la empresa. Extraído el 15 de Setiembre del 2023. <https://asana.com/es/resources/design-thinking-process>
- ASTM INTERNATIONAL. (2023). Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile. https://www.astm.org/c0067_c0067m-23a.html?lang=es-CL
- Banco Central de Reserva del Perú. (2023). Caracterización del departamento de Arequipa. (p. 4). <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Arequipa/arequipa-caracterizacion.pdf>
- BBVA Research (2023). Situación Perú. Única Edición. Perú. https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2023/10/Presentacion-Situacion_Peru-Octubre-2023.pdf
- Bernal, K. (2013). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del centro poblado el Cerrillo - Baños del Inca y Lark de Lambayeque. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3232132>
- Cavaco, E. Grilo, I. Paulo-Gouveia, J. Julio, E. Neves, L. (2020). Mechanical performance of eco-efficient hollow clay bricks incorporating industrial nano-crystalline aluminium sludge. European Journal of Environmental and Civil Engineering. <https://doi.org/10.1080/19648189.2018.1492974>
- Chalco, D. (2023). ¿Qué tan grave es el problema de la autoconstrucción en el país? Universidad Católica San Pablo. Extraído el 18 de Setiembre del 2023 de <https://ucsp.edu.pe/noticias/que-tan-grave-es-el-problema-de-la-autoconstruccion-en-el-pais/>
- Chávez, A. (2017). Análisis de las Propiedades Físico Mecánicas de Ladrillos de Arcilla Calcinada en las Principales Ladrilleras de la Región Arequipa y su Capacidad Máxima en una Edificación. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3653485>

- Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería. (2018). NTP 399.613:2017 Unidades de Albañilería Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Segunda Edición. Instituto Nacional de Calidad. Lima, Perú. p.2.
- Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería. (2018). NTP 399.613:2017 Unidades de Albañilería Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Segunda Edición. Instituto Nacional de Calidad. Lima, Perú. p. 4
- Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería. (2018). NTP 399.613:2017 Unidades de Albañilería Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Segunda Edición. Instituto Nacional de Calidad. Lima, Perú. p.5 -7.
- Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería. (2018). NTP 399.633:2017 Unidades de Albañilería Terminología y definiciones. Segunda Edición. Instituto Nacional de Calidad. Lima, Perú. p. 9.
- Congreso de la República del Perú. (1998). Ley N.º 26912. Ley de promoción del acceso de la población a la propiedad privada de vivienda y fomento del ahorro, mediante mecanismos de financiamientos con participación del sector privado. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4169990/26912.pdf.pdf>
- Construcción latinoamericana (2017). Industria peruana de ladrillo comercializa U\$500 millones anuales. Extraído el 15 de Setiembre del 2023 de <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/industria-peruana-de-ladrillo-comercializa-u-500-millones-anuales/4129538.article>
- Corbella, D. Fernández, F. Hernández, F. Armisen, P. (2014). New designs of the ceramic bricks of horizontal hexagonal hollow. Joint Conference on Mechanical, Design Engineering & Advanced Manufacturing. Tolousse, Francia. https://oa.upm.es/30730/1/Ceramic_Brick_UPM.pdf
- Cuevas, R. Huacacha, A. (2022). Propuesta de variación geométrica de los alveolos de ladrillos blocker y king kong para mejorar el comportamiento acústico en muros divisorios del distrito de San Jerónimo Cusco 2017. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3073817>
- Del Carpio, C. (2021). Estudio de factibilidad para la instalación de una planta productora de ladrillos a partir de botellas de plástico PET en la ciudad de Arequipa.

- Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú. P. 61 – 64.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11099>
- Diario Oficial El Peruano (2022). Innovación tecnológica y construcción sostenible. Extraído el 15 de Setiembre del 2023 de <https://www.elperuano.pe/noticia/198693-innovacion-tecnologica-y-construccion-sostenible>
- Diez, G. (2015). Diseño estructural en Arquitectura introducción. Única Edición. Nobuko. Buenos Aires, Argentina. p.83
- Dym, C. Agogino, A. Eris, O. Frey, D. Leifer. L. (2013). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. Journal of Engineering Education. Washington, Estados Unidos. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>
- Enste, D. Schneider, F. (2002). Ocultándose en las sombras, el crecimiento de la economía subterránea. Única Edición. International Monetary Fund. Washington, EE.UU. p.2
- Figuera, P. (2013). Optimización de productos y procesos industriales. Única Edición. Ediciones Gestión 2000. Barcelona, España. p. 15 – 17.
- Fondo Mi Vivienda S.A. (2023). Programa Techo Propio. Extraído el 15 de Setiembre del 2023 de <https://www.mivivienda.com.pe/portalweb/usuario-busca-viviendas/pagina.aspx?idpage=30>
- Fondo Mi Vivienda S.A. (2023). Nuevo Crédito Mivivienda. Extraído el 15 de Setiembre del 2023 de <https://www.mivivienda.com.pe/portalweb/usuario-busca-viviendas/pagina.aspx?idpage=20>
- Fondo Mi Vivienda S.A. (2023). Estudio de la demanda de vivienda a nivel de las principales ciudades Arequipa. Única Edición. Lima, Perú. p. 17 – 40.
<https://www.mivivienda.com.pe/PortalCMS/archivos/documentos/01.%20Estudio%20de%20Demanda%20de%20Vivienda%20Nueva%20de%20Arequipa.pdf>
- Gallegos, H. Casabonne, C. (2005). Albañilería Estructural. Tercera Edición. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. p. 81 – 111.
- Gestión. (2022). Asociación Ladrillera de Cerámicos del Perú inicia sus actividades gremiales y presenta sus objetivos. Extraído el 20 de agosto del 2023 de <https://gestion.pe/economia/asociacion-ladrillera-ceramicos-peru-inicia-actividades-gremiales-presenta-objetivos-144325-noticia/>
- Guerrero, G. Espinel, E. Sánchez, H. (2016). Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.1.a09>

- González, C. Domingo, R. Sebastián, M. (2014). Técnicas de mejora de la calidad. Única Edición. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España. p. 169 – 190.
- Grupo Banco Mundial (2023). Perspectivas económicas mundiales. Extraído el 15 de Setiembre del 2023 de <https://www.bancomundial.org/es/publication/global-economic-prospects>
- Grupo Banco Mundial (2020). Doing Business Midiendo regulaciones para hacer negocios. https://archive.doingbusiness.org/es/data/exploreconomies/peru#DB_dwcp
- Grupo Banco Mundial (2020). Doing Business Subnacional en Perú 2020. <https://subnational.doingbusiness.org/es/data/exploreconomies/peru/sub/arequipa>
- Gunasekaran, K. Annadurai, R. Kumar, P: (2012). Long term study on compressive and bond strength of coconut shell aggregate concrete. Construction and Building Materials <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.072>.
- Hallgrímsson, B. (2014). Diseño de producto: maquetas y prototipo. Única Edición. Promotora de prensa internacional. Barcelona, España. p.11 – 13.
- Hernández, R. Fernández, C. Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación. Sexta Edición. McGraw-Hill. Mexico. p. 92
- Himmelblau, D. Bischoff, K. (2021). Análisis y simulación de procesos. Única Edición. Editorial Reverte. Barcelona, España. p. 2.
- Ingeniería para ti. (2022). Visita a la fábrica de ladrillos Pirámide. YouTube. <https://youtu.be/AwV8PlxSKAM?feature=shared>
- Instituto Geofísico del Perú. (2023). Mapas sísmicos. <https://ultimosismo.igp.gob.pe/mapas-sismicos>.
- Instituto Nacional de Estadística. (2018). Única Edición. Perú Características de las viviendas particulares y los hogares. Lima, Perú. p. 11 - 23. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/parte01.pdf
- Instituto Nacional de Estadística. (2022). Perú Producto Bruto Interno por Departamentos 2007 – 2021. Lima, Perú. p. 65- 66. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3167232/Producto%20Bruto%20Interno%20por%20Departamentos%202007-2021.pdf?v=1672237405>
- Instituto Nacional de Estadística. (2022). Perú: 50 años de cambios y tendencias demográficas. Única Edición. Lima, Perú. p. 43 – 47.

https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1852/libro.pdf

Instituto Nacional de Estadística. (2023). Producto Bruto Interno por Sectores Económicos 1950 – 2022. Extraído el 15 de Setiembre del 2023 de <https://m.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>

Instituto Nacional de Estadística (2023). Producción y empleo informal en el Perú. Lima, Perú. p. 34. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5634048/4990510-produccion-y-empleo-informal-en-el-peru-cuenta-satelite-de-la-economia-informal-2022%282%29.pdf>

Intive. (2021). Las 5 etapas del Design Thinking y sus técnicas. Extraído el 15 de Setiembre del 2023. <https://intive.com/careers/las-5-etapas-del-design-thinking-y-sus-tecnicas>

Komurcu, S. & Gedikli, A. (2019). Macro and Micro Modeling of the Unreinforced Masonry Shear Walls. European Journal of Engineering and Natural Sciences. Estambul, Turquía. p 116-123. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/826684>

Ladrillos Diamante. (2023). Catálogo de productos. Extraído el 20 de agosto del 2023 de <https://ladrillosdiamante.com/shop>

La Prensa (2014). Casas informales tienen 53 veces más posibilidades de colapsar ante un sismo. Extraído el 25 de Agosto del 2023 de <https://laprensa.peru.com/actualidad/noticia-sismo-viviendas-colapso-capeco-23728>

La República. (2023). El 70% de las viviendas no soportarían un terremoto. Extraído el 10 de Setiembre del 2023 de <https://larepublica.pe/sociedad/2023/02/09/terremoto-en-peru-lima-el-70-de-las-viviendas-no-soportarian-terremoto-sismo-en-lima-sismo-en-peru-igp-220833>

Linares, A. (2016). Proyecto de Implementación de un Horno Hoffman y un Secador Artificial para Atender la Demanda de la Región Arequipa por la Ladrillera el Diamante Sac. Universidad Católica de Santa de María. Arequipa, Perú. p. 71 – 73. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/5043>

Loayza, N. (2007). Las causas y consecuencias de la informalidad en el Perú. Banco Central de Reserva del Perú. Lima, Perú. p. 8. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2007/Working-Paper-18-2007.pdf>

- Maroušková, A. (2017). Reinforced Masonry Column's Analysis: The Influence of Rounded Corners. Primera Edición. Trans Tech Publications, Ltd. Suiza. p. 34 – 39. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1144.34>
- Martínez, A. Morales, J. (2022). Lean Seis Sigma para la Mejora de Procesos. Única Edición. Universidad Miguel Hernández de Elche. Elche, España. p.13
- Martos, S. (2022). Variación de la resistencia a la compresión de los ladrillos, debido a los factores: materiales y proceso de fabricación, a partir de investigaciones realizadas en el Perú. Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3297568>
- Memani, A. Kremer, M. Behr, R. (2006). Architectural Glass Panels with Rounded Corners to Mitigate Earthquake Damage. Única Edición. Earthquake Spectra. p. 129 – 150. <https://doi.org/10.1193/1.2164875>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). Informe Nacional de Perú-Hábitat III. Primera Edición. Lima, Perú. p. 37. <http://www3.vivienda.gob.pe/popup/informe-nacional-habitat-iii.pdf>
- Miranda, L. Neira, E. Torres, R. Valdivia, R. (2018). Perú hacia la construcción sostenible en escenarios de cambio climático. Consorcio de Investigación Económica y Social. https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2018/12/la_construccion_sostenible_en_el_peru.pdf
- Moabro, G. Herramientas de análisis para Diseño Industrial. (2014). Única Edición. Tinta Libre Ediciones. Córdoba, Argentina. p. 31 – 32
- Nieto, M. (2014). Características dinámicas del proceso de innovación tecnológica en la empresa. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa. León, España. p. 115 – 119. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/793513.pdf>
- Parodi, D. (2022). 8 formas de prototipar para el Aprendizaje Basado en Retos. Extraído el 29 de Agosto del 2023. <https://ucontinental.edu.pe/innovacionpedagogica/8-formas-de-prototipar-para-el-aprendizaje-basado-en-retos/notas-destacadas/>
- Pérez, H. (2013). Elaboración de un ladrillo alternativo sin cocción en Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3230900>
- Promart. (2023). Tipos de ladrillos y sus usos: Guía definitiva. Extraído el 10 de agosto de 2023. <https://www.promart.pe/blog/tipos-de-ladrillos>
- Quiroa, M. (2021). Análisis de producto. Extraído el 29 de Agosto del 2023. <https://economipedia.com/definiciones/analisis-de-producto.html>

- Rivas, R. (2014). Ingeniería humana: aspectos ergonómicos en el diseño industrial y en la producción. Única Edición. Diseño Editorial. Buenos Aires, Argentina. P. 47.
- Rodríguez, G. (2015). Manual de diseño industrial. Tercera Edición. Ediciones G. Gili. México. p. 19 – 23)
- Rodríguez, M. (2014). Diseño: estrategia y táctica. Única Edición. Siglo Veintiuno Editores. México p. 98
- Salinas, F. (2017). Estudio de Factibilidad para la Implementación de una Fábrica de Ladrillos con Base de Sillar Provincia de Arequipa 2017 – 2022. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú. p. 32-35.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6529>
- Sánchez, J. Vásquez, J. (2019). Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de un ladrillo de tierra comprimida cocido en horno artesanal e industrial, Trujillo 2019. Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3011823>
- Santos, M. (2018). Diseño y Elaboración de Bloques de Termoarcilla. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3645628>
- Sarraipa, J. Artífice, A. Jiménez, H. (2019). Metodología De Evaluación De Prototipo Innovador. Única Edición. Centros de Apoyo y Desarrollo Educativo y Profesional ACACIA. Colombia. p. 6.
- Sarraipa, J. Artífice, A. Jiménez, H. (2019). Metodología De Evaluación De Prototipo Innovador. Única Edición. Centros de Apoyo y Desarrollo Educativo y Profesional ACACIA. Colombia. p. 8.
- SENCICO. (2020). Norma E.070 Albañilería. Única Edición. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción. Lima, Perú. p. 19.
- Serrano & Blázquez (2015). Design Thinking. Lidera el presente. Crea el futuro. Única Edición. ESIC Editorial. España. p. 17 – 18.
- Signh, N. Kumar, P. Goyal, P. (2019). Reviewing the behaviour of high volume fly ash based self compacting concrete. Journal of Building Engineering.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100882>.
- Soto, G. Sánchez, L. (2017). Estudio comparativo de la resistencia a la compresión, absorción y dimensionamiento del ladrillo rafón producido en Quimistán, Chamalecón y Florida, Honduras. Innovare Revista De Ciencia y Tecnología. p.54.
<https://doi.org/10.5377/innovare.v6i1.4948>

- Steffens, G. (2016). El análisis PESTEL, asegure la continuidad de su negocio. Única Edición. Titivilus. Belgica. p. 1 - 4
- Rubio Leguía Normand. (2020). Informalidad en el sector Inmobiliario: ¿Cómo afecta a los proyectos de infraestructura y que hacer frente a ello? Extraído el 15 de Setiembre del 2023 de <https://www.rubio.pe/prensa/informalidad-en-el-sector-inmobiliario-como-afecta-a-los-proyectos-de-infraestructura-y-que-hacer-frente-a-ello/>
- Ruiz, S. (2015). Estudio de las propiedades físico -mecánicas del ladrillo de arcilla elaborado en el centro poblado menor de Otuzco y ladrillo industriales Rex. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3231571>
- RPP. (2017). Capeco El 70% de viviendas en Lima son informales y vulnerables a un terremoto. Extraído el 15 de Setiembre del 2023 de <https://rpp.pe/economia/economia/capeco-el-70-de-viviendas-en-lima-son-construidas-sin-normas-tecnicas-noticia-1078934?ref=rpp>
- RPP. (2021). El 80% de las viviendas en el Perú son informales y serían vulnerables ante un terremoto. Extraído el 15 de Setiembre del 2023 de <https://rpp.pe/economia/economia/el-80-de-las-viviendas-en-el-peru-son-informales-y-serian-vulnerables-ante-un-terremoto-noticia-1343757>
- Roman, S. (2021). Diseño e implementación de un prototipo alpha de tablero de ajedrez con sistema de desplazamiento de los trebejos con comandos de voz y oponente remoto a través de una aplicación móvil. Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3081015>
- San Bartolomé, A. Quiun, D. Silva, W. (2018). Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. Segunda Edición. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. p. 20 – 36. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/170319>
- Simon, H. (1996). The Sciences of the Artificial. Tercera Edición. The MIT Press. Massachusetts, Estados Unidos
- Suñé, A. Gil, Francisco. Arcusa, Ignacio. (2004). Manual práctico de diseño de sistemas productivos. Primera Edición. Ediciones Diaz de Santos. Madrid, España. p. 79
- Suzuki T. (2015). TPM en Industrias de Proceso. TGP-Hoshin. Única Edición. Madrid, España. p. 54.
- Tavera, H. (2014). Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú. Única Edición. Instituto Geofísico del Perú. Lima, Perú. p.36

- Tavera, H. (2017). Actualización del escenario por sismo, tsunami y exposición en la región central del Perú. Única Edición. Instituto Geofísico del Perú. Lima, Perú. p.21
- Tavera, H. (2019). Geonoticias Perú un país altamente sísmico. Extraído el 8 de Setiembre del 2023. <https://www.sgp.org.pe/alerta-peru-un-pais-altamente-sismico/>
- Tello, M. (2015). ¿Es la informalidad una opción voluntaria o la última alternativa de empleo en el Perú? Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. p. 5. <https://cies.org.pe/investigacion/es-la-informalidad-una-opcion-voluntaria-o-la-ultima-alternativa-de-empleo-en/>
- Ugarte, E. (2020). Determinación de las principales causas de la informalidad en la autoconstrucción en el Pueblo Joven Independencia del Distrito de Alto Selva Alegre de la ciudad de Arequipa. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú. p. 20. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10298>
- Universidad Católica San Pablo. (2023)¿Qué tan grave es el problema de la autoconstrucción en el país? Extraído el 20 de Setiembre de <https://ucsp.edu.pe/noticias/que-tan-grave-es-el-problema-de-la-autoconstruccion-en-el-pais/>
- Universidad de Ingeniería y Tecnología. (2022)¿Cómo avanza el Perú en el desarrollo de tecnología? Extraído el 15 de Setiembre del 2023 de <https://utec.edu.pe/blog-de-carreras/utec/como-avanza-el-peru-en-el-desarrollo-de-tecnologia>
- Urbina, C. (2016). Influencia de la temperatura de cocina sobre la contracción, absorción y resistencia a la compresión en ladrillos de arcilla cocidos. Universidad de Trujillo. Trujillo, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/2548>
- Vargas, L. (2023). Utilización de la metodología del Design Thinking para la evaluación de los aprendizajes en la ingeniería industrial. Repertorio Científico. p. 85–96. <https://doi.org/10.22458/rc.v26i1.4848>
- Wang, L. Wu, Y. (2008). Effect of corner radius on the performance of CFRP-confined square concrete columns. Única Edición. Engineering Structures. Hong Kong, China. p. 493-505. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029607001824>
- Wikipedia. (2023). Pensamiento de diseño. Extraído el 15 de Setiembre del 2023. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Pensamiento_de_dise%C3%B1o&oldid=154314455
- Wang, L. Wu, Y. (2008). Effect of corner radius on the performance of CFRP-confined square concrete columns. Única Edición. Engineering Structures. Hong Kong,

China.

p.

493-505.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029607001824>

World Design Organization (2023). Definición de diseño industrial. Extraído el 29 de Agosto del 2023. <https://wdo.org/about/definition/>

